

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-352408

(P 2 0 0 2 - 3 5 2 4 0 8 A)

(43) 公開日 平成14年12月6日 (2002.12.6)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
G11B 5/667  
5/851  
H01F 10/16  
41/18

識別記号

F I  
G11B 5/667  
5/851  
H01F 10/16  
41/18

テマコード (参考)

5D006  
5D112  
5E049

審査請求 未請求 請求項の数20 ○ L (全19頁)

(21) 出願番号 特願2001-154448 (P 2001-154448)  
(22) 出願日 平成13年5月23日 (2001.5.23)

(71) 出願人 000002004  
昭和電工株式会社  
東京都港区芝大門1丁目13番9号  
(72) 発明者 清水 謙治  
千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電工エイチ・ディー株式会社内  
(72) 発明者 坂脇 彰  
千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電工エイチ・ディー株式会社内  
(74) 代理人 100064908  
弁理士 志賀 正武 (外6名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置

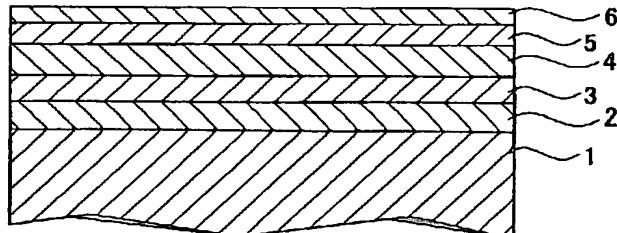
(57) 【要約】

【課題】 記録再生特性に優れた磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】 非磁性基板1上に、軟磁性下地膜2と、配向制御膜3と、垂直磁性膜4と、保護膜5とが設けられ、軟磁性下地膜2が、以下の組成で表される材料を含む。

$a\text{Fe} - b\text{Co} - c\text{M} - d\text{X}_1 - f\text{N}$

(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上、 $\text{X}_1=\text{Cr}, \text{Ga}, \text{Al}, \text{Si}, \text{Ni}$ のうち1種または2種以上。ただし、a, b, c, d, fは百分率で表された原子比であり、 $60 \leq a+b \leq 90$ 、 $30 \leq a \leq 90$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 7$ 、 $3 \leq f \leq 30$ である。)



1 : 非磁性基板  
2 : 軟磁性下地膜  
3 : 配向制御膜  
4 : 垂直磁性膜  
5 : 保護膜  
6 : 潤滑膜

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、前記軟磁性下地膜が、以下の組成で表される材料を含むことを特徴とする磁気記録媒体。

$aFe - bCo - cM - dX1 - fN$   
(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上、 $X1=Cr, Ga, Al, Si, Ni$ のうち1種または2種以上。ただし、a, b, c, d, fは百分率で表された原子比であり、 $60 \leq a+b \leq 90$ 、 $30 \leq a \leq 90$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 7$ 、 $3 \leq f \leq 30$ である。)

【請求項2】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、前記軟磁性下地膜が、以下の組成で表される材料を含むことを特徴とする磁気記録媒体。

$aFe - bCo - cM - eX2 - fN$   
(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上、 $X2=P, C, B, O$ のうち1種または2種以上。ただし、a, b, c, e, fは百分率で表された原子比であり、 $60 \leq a+b \leq 90$ 、 $30 \leq a \leq 90$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq e \leq 10$ 、 $3 \leq f \leq 30$ である。)

【請求項3】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、前記軟磁性下地膜が、以下の組成で表される材料を含むことを特徴とする磁気記録媒体。

$aFe - bCo - cM - dX1 - eX2 - fN$   
(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上、 $X1=Cr, Ga, Al, Si, Ni$ のうち1種または2種以上、 $X2=P, C, B, O$ のうち1種または2種以上。ただし、a, b, c, d, e, fは百分率で表された原子比であり、 $60 \leq a+b \leq 90$ 、 $30 \leq a \leq 90$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 7$ 、 $0.1 \leq e \leq 7$ 、 $3 \leq f \leq 30$ である。)

【請求項4】  $60 \leq a+b \leq 80$ 、 $30 \leq a \leq 80$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 3$ 、 $0.1 \leq e \leq 5$ 、 $8 \leq f \leq 25$ であることを特徴とする請求項3に記載の磁気記録媒体。

【請求項5】 軟磁性下地膜が、Feを主成分する平均粒径13nm以下の微細結晶と、該微細結晶よりもMとN(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上)を多く含有する非晶質相とからなることを特徴とする請求項1乃至4のうちいずれか

## 1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項6】 微細結晶がbcc構造をとることを特徴とする請求項5に記載の磁気記録媒体。

【請求項7】 軟磁性下地膜の飽和磁束密度Bsが1T以上であることを特徴とする請求項1乃至6のうちいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項8】 軟磁性下地膜の飽和磁束密度Bsが1.4T以上であることを特徴とする請求項1乃至7のうちいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

10 【請求項9】 軟磁性下地膜の飽和磁束密度Bsと該軟磁性下地膜の膜厚tとの積Bs·tが50T·nm以上であることを特徴とする請求項1乃至8のうちいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項10】 軟磁性下地膜の飽和磁束密度Bsと該軟磁性下地膜の膜厚tとの積Bs·tが100T·nm以上であることを特徴とする請求項1乃至9のうちいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項11】 配向制御膜が、Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, Hfのうち1種または2種以上を50%at以上含有するhcp構造材料からなることを特徴とする請求項1乃至10のうちいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項12】 配向制御膜が、Ni, Cu, Pd, Ag, Pt, Ir, Au, Alのうち1種または2種以上を50%at以上含有するfcc構造材料からなることを特徴とする請求項1乃至10のうちいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項13】 軟磁性下地膜の垂直磁性膜側の表面の一部または全面が酸化されていることを特徴とする請求項1乃至12のうちいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項14】 垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界(-Hn)が0(Oe)以上であることを特徴とする請求項1乃至13のうちいずれか1項に記載の磁気記録媒体。

【請求項15】 非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とを設け、前記軟磁性下地膜を、以下の組成で表される材料を含むように形成することを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

$aFe - bCo - cM - dX1 - eX2 - fN$   
(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上、 $X1=Cr, Ga, Al, Si, Ni$ のうち1種または2種以上、 $X2=P, C, B, O$ のうち1種または2種以上。ただし、a, b, c, d, e, fは百分率で表された原子比であり、 $60 \leq a+b \leq 90$ 、 $30 \leq a \leq 90$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 7$ 、 $0.1 \leq e \leq 7$ 、 $3 \leq f \leq 30$ である。)

【請求項16】 軟磁性下地膜を、Feを主成分する平均粒径13nm以下の微細結晶と、該微細結晶よりも

MとN (M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上) を多く含有する非晶質相とからなるものとすることを特徴とする請求項15に記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項17】 軟磁性下地膜をスパッタ法にて成膜し、成膜の際に用いる成膜ガスの窒素含有率を0.1~5.0vol%とすることを特徴とする請求項15または16に記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項18】 軟磁性下地膜を形成した後、この軟磁性下地膜を250°C~450°Cで熱処理することを特徴とする請求項15乃至17のいずれか1項に記載の磁気記録媒体の製造方法。

【請求項19】 磁気記録媒体と、この磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備えた磁気記録再生装置であって、磁気ヘッドが単磁極ヘッドであり、磁気記録媒体が、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易膜が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、前記軟磁性下地膜が、以下の組成で表される材料を含むことを特徴とする磁気記録再生装置。

$a\text{Fe} - b\text{Co} - c\text{M} - d\text{X1} - e\text{X2} - f\text{N}$   
(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上、X1=Cr, Ga, Al, Si, Niのうち1種または2種以上、X2=P, C, B, Oのうち1種または2種以上。ただし、a, b, c, d, e, fは百分率で表された原子比であり、 $60 \leq a+b \leq 90$ 、 $30 \leq a \leq 90$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 7$ 、 $0.1 \leq e \leq 7$ 、 $3 \leq f \leq 30$ である。)

【請求項20】 軟磁性下地膜が、Feを主成分する平均粒径13nm以下の微細結晶と、該微細結晶よりもMとN (M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上) を多く含有する非晶質相とからなるものであることを特徴とする請求項19に記載の磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気記録媒体、その製造方法、およびこの磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、磁性膜内の磁化容易軸が主に基板に対し水平に配向した面内磁気記録媒体が広く用いられている。面内磁気記録媒体では、高記録密度化するとピット体積が小さくなりすぎ、熱搖らぎ効果により記録再生特性が悪化する可能性がある。また、高記録密度化した際に、記録ピット境界での反磁界の影響により媒体ノイズが増加する。これに対し、磁性膜内の磁化容易軸が主に垂直に配向した垂直磁気記録媒体は、高記録密度化した際にも、ピット境界での反磁界の影響が小さく、境

界が鮮明な記録磁区が形成されるため低ノイズ化が可能であり、しかも比較的ピット体積が大きくて高記録密度化が可能であることから熱搖らぎ効果にも強く、近年大きな注目を集めている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 近年では、磁気記録媒体の更なる高記録密度化が要望されている。このため、垂直磁性膜に対する書き込み能力に優れる単磁極ヘッドを用いるために、記録層である垂直磁性膜と基板との間に、裏打ち層と称される軟磁性材料からなる膜を設けた磁気記録媒体が提案されている。この磁気記録媒体では、単磁極ヘッドと、磁気記録媒体の間の磁束の出入りの効率を向上させることができる。しかしながら、上記軟磁性膜(裏打ち層)を設けた磁気記録媒体を用いた場合でも、記録再生特性は満足できるものではなく、この特性に優れる磁気記録媒体が要望されていた。特開平2-152208号公報には、Co (5.0~7.5at%) - M' (M'=Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Mo, W) (4~2.5at%) - N (1~3.5at%) からなる軟磁性膜(裏打ち層)を用いることが提案されている。

一般にCo合金からなる軟磁性膜は、Coの含有率が8.5at%未満であると飽和磁化が低下するため、この軟磁性膜を厚くする必要が生じ、その結果、表面粗さが粗くなる。このため、上記磁気記録媒体では、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを十分に低くすることができなくなり、高記録密度化が困難になる問題があった。また厚い軟磁性膜を形成するために、生産性が低下する問題があった。また特開平11-149628号公報には、FeAlSi、FeTaN合金からなる軟磁性下地膜

30 膜を設けることによって、突発性のスパイクノイズの発生を抑制し、エンベロープ特性を改善することが提案されている。しかしながら、上記磁気記録媒体では、エンベロープ特性は改善されるが、軟磁性下地膜に起因する媒体ノイズが大きくなるため好ましくない。これは、軟磁性下地膜の結晶粒を微細化しても、結晶粒どうしの磁気的な結合が大きくなることから、磁気クラスターサイズ(磁気的結合粒子径)が大きくなるためである。

【0004】 本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、軟磁性下地膜から発生する媒体ノイズを低減することにより、記録再生特性を向上させ高密度の記録再生が可能となる磁気記録媒体、その製造方法および磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 上記の目的を達成するため、本発明は以下の構成を採用した。本発明の磁気記録媒体は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、前記軟磁性下地膜が、以下の組成で表される材料を含むことを特徴とす

る。

$aFe - bCo - cM - dX1 - fN$

(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上、X1=Cr, Ga, Al, Si, Niのうち1種または2種以上。ただし、a, b, c, d, fは百分率で表された原子比であり、 $60 \leq a+b \leq 90$ 、 $30 \leq a \leq 90$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 7$ 、 $3 \leq f \leq 30$ である。)

軟磁性下地膜は、以下の組成で表される材料を含むものであってもよい。

$aFe - bCo - cM - eX2 - fN$

(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上、X2=P, C, B, Oのうち1種または2種以上。ただし、a, b, c, e, fは百分率で表された原子比であり、 $60 \leq a+b \leq 90$ 、 $30 \leq a \leq 90$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq e \leq 10$ 、 $3 \leq f \leq 30$ である。)

また軟磁性下地膜は、以下の組成で表される材料を含むものであってもよい。

$aFe - bCo - cM - dX1 - eX2 - fN$

(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上、X1=Cr, Ga, Al, Si, Niのうち1種または2種以上、X2=P, C, B, Oのうち1種または2種以上。ただし、a, b, c, d, e, fは百分率で表された原子比であり、 $60 \leq a+b \leq 90$ 、 $30 \leq a \leq 90$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 7$ 、 $0.1 \leq e \leq 7$ 、 $3 \leq f \leq 30$ である。)

上記a～fは、次の範囲にあることが好ましい。 $60 \leq a+b \leq 80$ 、 $30 \leq a \leq 80$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 3$ 、 $0.1 \leq e \leq 5$ 、 $8 \leq f \leq 25$ 。軟磁性下地膜は、Feを主成分する平均粒径13nm以下の微細結晶と、該微細結晶よりもMとN (M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上) を多く含有する非晶質相とからなる構成とするのが好ましい。微細結晶は、bcc構造をとることが好ましい。軟磁性下地膜の飽和磁束密度Bsが1T以上とするのが好ましく、1.4T以上とするのがさらに好ましい。軟磁性下地膜は、飽和磁束密度Bsと該軟磁性下地膜の膜厚tの積Bs·tを50T·nm以上とするのが好ましく、100T·nm以上とするのがさらに好ましい。配向制御膜は、Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Cd, Tb, Hfのうち1種または2種以上を50%at以上含有するhcp構造材料からなる構成とすることができる。配向制御膜は、Ni, Cu, Pd, Ag, Pt, Ir, Au, Alのうち1種または2種以上を50%at以上含有するfcc構造材料からなる構成とすることができます。軟磁性下地膜は、垂直磁性膜側の表面の一部または全面が酸化されている構成とするのが好ましい。垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界(-Hn)は、0(Oe)以上とするのが好ましい。本発明の磁気記録媒

体の製造方法は、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とを設け、前記軟磁性下地膜を、以下の組成で表される材料を含むものとなるように形成することを特徴とする。

$aFe - bCo - cM - dX1 - eX2 - fN$

(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上、X1=Cr, Ga, Al, Si,

10 Niのうち1種または2種以上、X2=P, C, B, Oのうち1種または2種以上。ただし、a, b, c, d, e, fは百分率で表された原子比であり、 $60 \leq a+b \leq 90$ 、 $30 \leq a \leq 90$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 7$ 、 $0.1 \leq e \leq 7$ 、 $3 \leq f \leq 30$ である。)

本発明の製造方法では、軟磁性下地膜を、Feを主成分する平均粒径13nm以下の微細結晶と、該微細結晶よりもMとN (M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上) を多く含有する非晶質相とからなるものとするのが好ましい。また本発明の製

20 造方法では、軟磁性下地膜をスパッタ法にて成膜し、成膜の際に用いる成膜ガスの窒素含有率を0.1～50vol%とするのが好ましい。また本発明では、軟磁性下地膜を形成した後、この軟磁性下地膜を250℃～450℃で熱処理するのが好ましい。本発明の磁気記録再生装置は、磁気記録媒体と、この磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備えた磁気記録再生装置であって、磁気ヘッドが単磁極ヘッドであり、磁気記録媒体が、非磁性基板上に、少なくとも軟磁性材料からなる軟磁性下地膜と、直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易膜が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、前記軟磁性下地膜が、以下の組成で表される材料を含むことを特徴とする。

$aFe - bCo - cM - dX1 - eX2 - fN$

(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上、X1=Cr, Ga, Al, Si,

30 Niのうち1種または2種以上、X2=P, C, B, Oのうち1種または2種以上。ただし、a, b, c, d, e, fは百分率で表された原子比であり、 $60 \leq a+b \leq 90$ 、 $30 \leq a \leq 90$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 7$ 、 $0.1 \leq e \leq 7$ 、 $3 \leq f \leq 30$ である。)

40 軟磁性下地膜は、Feを主成分する平均粒径13nm以下の微細結晶と、該微細結晶よりもMとN (M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上) を多く含有する非晶質相とからなるものであることが好ましい。

【0006】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の磁気記録媒体の第1の実施形態を示すもので、ここに示す磁気記録媒体は、非磁性基板1上に、軟磁性下地膜2と、配向制御膜3と、垂直磁性膜4と、保護膜5と、潤滑膜6とが順次

形成されて構成されている。非磁性基板1としては、アルミニウム、アルミニウム合金等の金属材料からなる金属基板を用いてもよいし、ガラス、セラミック、シリコン、シリコンカーバイド、カーボンなどな非金属材料からなる非金属基板を用いてもよい。ガラス基板としては、アルモファスガラス、結晶化ガラスがあり、アルモファスガラスとしては汎用のソーダライムガラス、アルミニケートガラス、アルミノシリケートガラスを使用できる。また、結晶化ガラスとしては、リチウム系結晶化ガラスを用いることができる。セラミック基板としては、汎用の酸化アルミニウム、窒化アルミニウム、窒化珪素などを主成分とする焼結体や、これらの繊維強化物などが使用可能である。非磁性基板1としては、上記金属基板、非金属基板の表面にメッキ法やスパッタ法によりNiP膜が形成されたものを用いることもできる。非磁性基板1の表面形状は、媒体表面の形状に影響を与えるため、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを低くするには、非磁性基板1の表面平均粗さRaを2nm以下とするのが好ましい。この表面平均粗さRaを2nm以下とすることによって、磁気記録媒体の表面凹凸を小さくし、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを十分に低くし、記録密度を高めることができる。

【0007】軟磁性下地膜2は、ヘッドからの磁束の垂直方向成分を大きくし、かつ垂直磁性膜4の磁化を基板1に対し垂直な方向に固定するために設けられているものである。本実施形態の磁気記録媒体では、軟磁性下地膜2が、以下の組成で表される材料を含む構成を採用できる。

$aFe - bCo - cM - dX1 - fN \dots (1)$   
(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上、X1=Cr, Ga, Al, Si, Niのうち1種または2種以上。ただし、a, b, c, d, fは百分率で表された原子比(at%)であり、 $60 \leq a+b \leq 90$ 、 $30 \leq a \leq 90$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 7$ 、 $3 \leq f \leq 30$ である。)

a~fは、 $60 \leq a+b \leq 80$ 、 $30 \leq a \leq 80$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 3$ 、 $8 \leq f \leq 25$ とするのがより好ましい。軟磁性下地膜2は、式(1)で示される材料を主成分とするものであることが好ましい。なお主成分とは当該成分を50at%を越えて含むことを意味する。式(1)に示す材料の具体例としては、FeHfCrN, FeHfAlN, FeHfSiN, FeHfGaN, FeHfCrAlN, FeZrCrN, FeTaCrN, FeNbCrN, FeTiCrN, FeCoHfCrNを挙げることができる。

【0008】また、軟磁性下地膜2は、以下の組成で表される材料を含むものであってもよい。

$aFe - bCo - cM - eX2 - fN \dots (2)$   
(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上、X2=P, C, B, Oのうち1種

または2種以上。ただし、a, b, c, e, fは百分率で表された原子比であり、 $60 \leq a+b \leq 90$ 、 $30 \leq a \leq 90$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq e \leq 10$ 、 $3 \leq f \leq 30$ である。)

a~fは、 $60 \leq a+b \leq 80$ 、 $30 \leq a \leq 80$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq e \leq 5$ 、 $8 \leq f \leq 25$ とするのがより好ましい。軟磁性下地膜2は、式(2)で示される材料を主成分とするものであることが好ましい。式(2)に示す材料の具体例としては、FeHfBN, FeHfC

10 N, FeHfPN, FeHfON, FeHfBCN, FeZrBN, FeTaBN, FeNbBN, FeTiBN, FeHfAlCONを挙げることができる。

【0009】また、軟磁性下地膜2には、以下の組成で表される材料を含むものを用いることもできる。

$aFe - bCo - cM - dX1 - eX2 - fN \dots (3)$

(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上、

X1=Cr, Ga, Al, Si, Niのうち1種または2種以上、

20 X2=P, C, B, Oのうち1種または2種以上。

ただし、a, b, c, d, e, fは百分率で表された原子比であり、 $60 \leq a+b \leq 90$ 、 $30 \leq a \leq 90$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 7$ 、 $0.1 \leq e \leq 7$ 、 $3 \leq f \leq 30$ である。)

a~fは、 $60 \leq a+b \leq 80$ 、 $30 \leq a \leq 80$ 、 $5 \leq c \leq 20$ 、 $0.1 \leq d \leq 3$ 、 $0.1 \leq e \leq 5$ 、 $8 \leq f \leq 25$ とするのがより好ましい。軟磁性下地膜2は、式(3)で示される材料を主成分とするものであることが好ましい。式(3)に示す材料の具体例としては、FeHf

30 CrBN, FeHfAlBN, FeHfAlPN, FeHfCrAlBN, FeHfCrBPNを挙げることができる。

【0010】FeとCoの含有率の合計(a+b)が上記範囲未満であると、飽和磁束密度が小さくなり軟磁性下地膜2を厚くする必要が生じるため、表面平均粗さRaが大きくなる。その結果、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを十分に低くすることができなくなり、高記録密度化が難しくなる。またFeとCoの合計含有率が上記範囲を越えると、十分な低ノイズ化が難しくなるため好ましくない。Feの含有率(a)が上記範囲未満であると、飽和磁束密度が小さくなり軟磁性下地膜2を厚くする必要が生じるため、表面平均粗さRa大きくなる。その結果、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを十分に低くすることができなくなり、高記録密度化が難しくなる。またFeの含有率が上記範囲を越えると、十分な低ノイズ化が難しくなるため好ましくない。Mの含有率(c)が上記範囲未満であると、軟磁性下地膜2によるノイズ低減効果が低くなるため好ましくない。またMの含有率が上記範囲を越えると、軟磁性下地膜2全体が非晶質になり、ノイズ特性が劣化するおそれがある

ため好ましくない。Nの含有率(f)が上記範囲未満であると、軟磁性下地膜2の結晶粒径が大きくなりやすくなる。またNの含有率が上記範囲を越えると、軟磁性下地膜2の飽和磁束密度が低くなるため好ましくない。

【0011】X1の含有率(d)が上記範囲未満であると、結晶粒を微細化する効果が低下し、結晶粒径が大きくなりノイズが増加する。またX1の含有率が上記範囲を越えると、軟磁性下地膜2の磁化が不十分となりやすくなる。また軟磁性下地膜2から発生する媒体ノイズが増加するため好ましくない。X2の含有率(e)が上記範囲未満であると、結晶粒が大きくなり媒体ノイズが増加する。X2の含有率が上記範囲を越えると、軟磁性下地膜2の磁化が不十分となりやすくなる。また軟磁性下地膜2から発生する媒体ノイズが増加するため好ましくない。

【0012】軟磁性下地膜2は、Feを主成分する微細結晶と、該微細結晶よりもMとN(M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上)を多く含有する非晶質相とからなるものとするのが好ましい。図2は、微細結晶と非晶質相とを有する軟磁性下地膜2の一例を示すもので、ここに示す例では、軟磁性下地膜2が、多数の微細結晶2aと、これら微細結晶2aを隔てる非晶質相2bとを有する構造となっている。この微細結晶2aの平均粒径は、13nm以下となっている。この平均粒径は、10nm以下とするのが好ましい。この結晶粒径をこの範囲とすることによって、軟磁性下地膜2および垂直磁性膜4内の磁気クラスターサイズを小さくし、媒体ノイズを低減することができ、記録再生特性を向上させることができる。

【0013】微細結晶2aの平均粒径は、透過型電子顕微鏡(TEM)による観察像より求めることができる。すなわちTEMにより観察された微細結晶2aの画像を、コンピューター上で処理することにより、この微細結晶2aと同じ面積の円に変換し、この円の直径を、その微細結晶2aの粒径とする。同様の手順で複数の微細結晶2aについて粒径を求め、これら複数の微細結晶2aの粒径の平均値を平均粒径とする。粒径測定の対象となる微細結晶2aの数は、100以上(好ましくは500以上)とするのが好適である。

【0014】微細結晶2aはbcc構造をとることが好ましい。微細結晶2aがbcc構造をとると、効果的に飽和磁束密度を高めることができるのである。また、微細結晶2aでは(110)面が優先配向していることが好ましい。結晶構造および配向面はX線回折法(XRD)にて判別することができる。

【0015】軟磁性下地膜2の飽和磁束密度Bsは、1T以上(好ましくは1.4T以上、さらに好ましくは1.6T以上)であることが好ましい。飽和磁束密度Bsが上記範囲未満であると、軟磁性下地膜2の膜厚を厚くする必要が生じ、表面平均粗さRaが大きくなつ

り、生産性が悪化するため好ましくない。

【0016】軟磁性下地膜2の飽和磁束密度Bsと軟磁性下地膜2の膜厚tとの積Bs·tは、50T·nm以上(好ましくは100T·nm以上)であることが好ましい。このBs·tが50T·nm未満であると、再生波形がいわゆる矩形波でなく歪みをもつものとなり、記録再生特性が悪化するため好ましくない。

【0017】軟磁性下地膜2は、表面(垂直磁性膜4側の面)の一部または全面が酸化されている構成と/or

10 とができる。この酸化部分(酸化層)の厚さは3nm以下(好ましくは2.5nm以下、より好ましくは2nm以下)であることが好ましい。この酸化部分の厚さが3nmを越えると、この上に設けられる配向制御膜3の配向を乱し、記録再生特性の劣化を招くため好ましくない。またこの厚さが3nmを越えると、軟磁性下地膜2の表面酸化が過剰になり、表面平均粗さRaが大きくなる(例えば2nmを越える値となる)。その結果、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを十分に低くすることができなくなり、高記録密度化が難しくなる。軟磁性20 下地膜2が酸化された状態はオージェ電子分光法(SIMS法など)により確認することができる。また軟磁性下地膜2表面の酸化部分(酸化層)の厚さは、例えば媒体断面の透過型電子顕微鏡(TEM)写真により求めることができる。

【0018】軟磁性下地膜2の保磁力Hcは100(Oe)以下(好ましくは30(Oe)以下、さらに好ましくは10(Oe)以下)とするのが好ましい。この保磁力Hcが上記範囲を越えると、軟磁性特性が不十分となり、再生波形がいわゆる矩形波でなく歪みをもつものとなるため好ましくない。また、軟磁性下地膜2の最大透磁率は、1000~1000000(好ましくは100000~500000)とするのが好ましい。最大透磁率が上記範囲未満であると、記録時に磁気記録媒体への書き込みが不十分となり、十分な記録再生特性を得られないおそれがある。なお、透磁率はCGS単位系で表した値である。

【0019】軟磁性下地膜2の表面形状は、磁気記録媒体表面の形状に影響を与えるため、その表面平均粗さRaを2nm以下とするのが好ましい。表面平均粗さRaをこの範囲とすることによって、磁気記録媒体の表面凹凸を小さくし、記録再生時における磁気ヘッド浮上高さを十分に低くし、記録密度を高めることができる。

【0020】配向制御膜3は、垂直磁性膜4の配向性や結晶粒径を制御するためのものである。配向制御膜3は、少なくとも表面側(垂直磁性膜4側)が、hcp構造またはfcc構造をとることが好ましい。配向制御膜3に用いられるhcp構造材料としては、Ti、Zn、Y、Zr、Ru、Re、Gd、Tb、Hfのうち1種または2種以上を50at以上含有するものを50 挙げることができる。なかでも、HfとRuのうちいず

れかを50at%以上含有する合金を用いると、垂直磁性膜4から発生する媒体ノイズを低減することができ、高記録密度化が可能になるため好ましい。特に、Ruを用いると、垂直磁性膜4の垂直配向性を高めることができるために好ましい。hcp構造材料としては、垂直磁性膜4に対する格子の整合性を考慮して、上記材料(Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, Hfのうち1種または2種以上)に、Co, Cr, Fe, Ni等を添加した合金を用いることができる。また結晶粒を微細化するため、上記材料(Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, Hfのうち1種または2種以上)にC, O, N, Si, B, Pを添加した合金を用いることができる。配向制御膜3に好適に用いられるhcp構造材料の具体例としては、Ru, RuCr, Hf, HfB, Reを挙げることができる。

【0021】配向制御膜3に用いられるfcc構造材料としては、Ni, Cu, Pd, Ag, Pt, Ir, Au, Alのうち1種または2種以上を50at%以上含有するものを用いることが好ましい。なかでも特に、Niを用いると、垂直磁性膜4の垂直配向性を高めることができるために好ましい。またfcc構造材料としては、垂直磁性膜4に対する格子の整合性を考慮して、上記材料(Ni, Cu, Pd, Ag, Pt, Ir, Au, Alのうち1種または2種以上)に、Co, Cr, Fe, Ni等を添加した合金を用いることができる。また結晶粒を微細化するため、上記材料(Ni, Cu, Pd, Ag, Pt, Ir, Au, Alのうち1種または2種以上)に、C, O, N, Si, B, Pを添加した合金を用いることができる。配向制御膜3に好適に用いられるfcc構造材料の具体例としては、Ni, NiCrN, Cu, PdBを挙げることができる。

【0022】配向制御膜3の厚さは、1~50nm(好ましくは2~30nm、さらに好ましくは2~20nm)とするのが好ましい。この厚さが上記範囲未満であると、垂直磁性膜4における垂直配向性が低下し、記録再生特性および熱搖らぎ耐性が劣化する。またこの厚さが上記範囲を越えると、垂直磁性膜4において結晶粒子が粗大化し記録再生特性が悪化する。また記録再生特性時における磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなるため、再生信号の分解能が低下する。

【0023】垂直磁性膜4は、その磁化容易軸が基板に対して主に垂直に配向した磁性材料からなるものであり、その材料としては、CoCrX3系、CoCrPt系、CoCrTa系、CoCrPtX3系、CoPtX3系(X3:Ta, Zr, Nb, Cu, Re, Ni, Mn, Ge, Si, O, N、およびBのうち1種または2種以上)の合金を用いるのが好ましい。特に、垂直磁性膜4の垂直磁気異方性を高めるために、CoCrPtX3系、CoPtX3系の合金で、Pt含有率が8~24at%であるものを用いることが好ましい。またPt含有

率を14~22at%とすると、逆磁区核形成磁界(-Hn)を確実に0以上とすることができます、優れた熱搖らぎ特性を得ることができるために好ましい。また、垂直磁性膜4には、遷移金属材料(Co, Co合金、Fe, Fe合金など)と貴金属材料(Pd, Pd合金、Pt, Pt合金)とを多数回にわたって積層した構造を採用できる。例えば、Co, CoX4, Fe, FeX4のいずれかからなる層と、Pd, PdX4, Pt, PtX4(X4:Cr, Pt, Ta, B, O; Ru, Siのうち1種または2種以上)のいずれかからなる層を多数回にわたって積層した構造を採用することができる。上記CoCr系、CoCrPt系、CoCrTa系、CoCrPtX3系、CoPtX3系の合金、積層構造膜材料はいずれも多結晶構造をとるが、本発明の磁気記録媒体では、非晶質構造をとる材料としては、希土類元素を含む合金(TbFeCo系合金など)を用いることができる。

【0024】垂直磁性膜4の逆磁区核形成磁界(-Hn)は、0(Oe)以上(好ましくは1000(Oe)以上)とするのが好適である。この逆磁区核形成磁界(-Hn)が、この範囲未満であると熱搖らぎ耐性が低下する。図3に示すように、逆磁区核形成磁界(-Hn)とは、履歴曲線(MH曲線)において、磁化が飽和した状態から外部磁場を減少させる過程で、外部磁場が0となる点aから磁化反転を起こす点bまでの距離(Oe)で表すことができる。なお、逆磁区核形成磁界(-Hn)は、磁化反転を起こす点bが、外部磁場が負となる領域にある場合に正の値をとり(図3を参照)、逆に、点bが、外部磁場が正となる領域にある場合に負の値をとる(図4を参照)。逆磁区核形成磁界(-Hn)の測定には、軟磁性下地膜2の影響を除くため、基板

1、配向制御膜3、垂直磁性膜4、保護膜5のみからなるディスクを用い、このディスクについて、振動式磁気特性測定装置またはカ一効果測定装置を用いて測定を行うのが好適である。また磁気記録媒体をそのまま用いて、振動式磁気特性測定装置またはカ一効果測定装置により逆磁区核形成磁界(-Hn)を測定することもできる。

【0025】垂直磁性膜4は、成分組成や結晶構造が異なる2以上の層からなる多層構造とすることもできる。例えば、複数の磁性層と各磁性層間に形成された中間層からなり、この中間層がhcp構造またはfcc構造をとる構成とすることができます。これら複数の磁性層は、成分組成や結晶構造の点で互いに同じものであってもよいし、互いに異なっていてもよい。中間層の材料としては、磁性層に対する格子の整合性を考慮すると、Ru(またはRe)に、Co, Cr, Fe, Ni, C, O, N, Si, B等を添加した合金; Niに、Co, Cr, Fe, C, O, N, Si, B等を添加した合金; Coに、Cr, Fe, Ni, C, O, N, Si, B等を添加

した合金；CoCrに、Fe、Ni、C、O、N、Si、B等を添加した合金；Niを用いることができる。

【0026】垂直磁性膜4の保磁力Hcは、3000(Oe)以上とするのが好ましい。保磁力Hcがこの範囲未満であると、記録特性、熱搖らぎ特性が劣化するため好ましくない。

【0027】垂直磁性膜4においては、結晶粒の平均粒径が4~15nmであることが好ましい。この平均粒径がこの範囲未満であると、保磁力低下、熱搖らぎ特性劣化が起こりやすくなる。平均粒径が上記範囲を越えると、媒体ノイズが増加する。結晶粒の平均粒径は、上述の軟磁性下地膜2における微細結晶2aの平均粒径と同様にして求めることができる。

【0028】垂直磁性膜4の厚さは、5~50nm(特に7~30nm)とするのが好ましい。この厚さが上記範囲未満である場合には、垂直磁性膜4の結晶配向が不十分となりやすくなり、記録再生特性が劣化する。また厚さが上記範囲を越えると、結晶粒の粗大化が起こりやすくなりノイズが増加し記録再生特性が劣化する。

【0029】保護膜5は、垂直磁性膜4の腐食を防ぐとともに、磁気ヘッドが媒体に接触したときに媒体表面の損傷を防ぎ、かつ磁気ヘッドと媒体の間の潤滑特性を確保するためのものである。保護膜5には、従来公知の材料を使用することが可能であり、例えばC、SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>の単一組成、またはこれらを主成分とし他元素を含むものが使用可能である。保護膜5の厚さは、1~10nmとするのが好ましい。

【0030】潤滑膜6には、パーカルオロボリエーテル、フッ素化アルコール、フッ素化カルボン酸など公知の潤滑剤を使用することができる。その種類および膜厚は、使用される保護膜や潤滑剤の特性に応じて適宜設定することができる。

【0031】上記構成の磁気記録媒体を製造するには、図1に示す基板1上に、スパッタ法などにより軟磁性下地膜2を形成し、次いで、必要に応じてこの軟磁性下地膜2の表面に酸化処理を施し、次いで配向制御膜3、垂直磁性膜4を順次スパッタ法などにより形成する。次いで、スパッタ法や、CVD法、イオンビーム法等によって保護膜5を形成した後、ディップコーティング法、スピンドルコート法などにより潤滑膜6を形成する。

【0032】軟磁性下地膜2を形成する際には、上記式(1)~(3)に示す材料からNを除いた材料からなるターゲットを用いたスパッタ法を採用し、成膜時に用いる成膜ガスに窒素を含有させる方法をとることができる。この成膜ガスの窒素含有率は0.1~50vol%とするのが好ましい。この窒素含有成膜ガスとしては、窒素とアルゴンからなる混合ガスを用いることができる。窒素を含有する成膜ガスを用いることによって、軟磁性下地膜2を均一に形成することができるようになる。

【0033】軟磁性下地膜2の表面に酸化処理を施す場

合には、軟磁性下地膜2を形成した後、軟磁性下地膜2を酸素含有ガスに曝す方法や、軟磁性下地膜2を形成する際の成膜用ガス中に酸素を導入する方法をとることができる。軟磁性下地膜2の表面を酸素含有ガスに曝す場合には、軟磁性下地膜2を、酸素をアルゴンや窒素で希釈した希釈ガスや純酸素に0.3~20秒程度接触させる方法をとることができる。また軟磁性下地膜2を大気に曝す方法をとることもできる。特に、酸素をアルゴンや窒素などのガスで希釈した希釈ガスを用いる場合に

10 10は、酸素の希釈率を選択することによって、軟磁性下地膜2表面の酸化の度合いの調節が容易になるため、所望の酸化状態を得ることができる。また軟磁性下地膜2の成膜用ガスに酸素を導入する場合には、例えば成膜法としてスパッタ法を用いるならば、成膜過程の一部のみ(または全過程)に、酸素を含有するプロセスガスを用いてスパッタを行えばよい。このプロセスガスとしては、例えばアルゴンに酸素を体積率で0.05%~50%(好ましくは0.1~20%)程度混合したガスが好適に用いられる。この軟磁性下地膜2の表面酸化によつて、軟磁性下地膜2の表面の磁気的な搖らぎを抑え、この搖らぎに起因するノイズ発生を防ぐとともに、軟磁性下地膜2上に形成される配向制御膜3の結晶粒を微細化してノイズ特性、記録再生特性の改善効果を得ることができる。また軟磁性下地膜2表面の酸化部分(酸化層)によって、非磁性基板1や軟磁性下地膜2の材料がイオン化して媒体表面に移動するのを阻止し、媒体表面の腐食を防ぐことができる。

【0034】軟磁性下地膜2を、微細結晶2aと非晶質相2bとを有するものとする場合には、軟磁性下地膜2を形成した後、熱処理(アニール処理)を施すことによって、境界が鮮明な微細結晶2aおよび非晶質相2bを形成し、ノイズを低減し、記録再生特性をさらに向上させることができる。アニール処理の温度条件は、250℃~450℃とする。このアニール処理温度が250℃未満であると、媒体ノイズ低減効果が低くなる。またアニール処理温度が450℃を越えると、微細結晶2aの結晶が粗大化し、ノイズ低減効果が低くなるため好ましくない。アニール処理の時間は特に制限されないが、2~50秒(さらに好ましくは2~20秒)とするのが望ましい。アニール処理後の冷却時間は特に制限されないが、生産性を考えると、50秒以下(好ましくは20秒以下)とすることが望ましい。

【0035】配向制御膜3を形成する際には、成膜ガスに酸素や窒素を導入することによって、配向制御膜3の表面に酸化膜または窒化膜を形成してもよい。例えば、成膜法としてスパッタ法を用いるならば、配向制御膜3の表面付近を形成する際に、プロセスガスとして、アルゴンに酸素を体積率で0.05~50%(好ましくは0.1~20%)程度混合したガス、アルゴンに窒素を体積率で0.01~20%(好ましくは0.02~10%

%) 程度混合したガスを用いることによって、上記酸化膜または窒化膜を形成することができる。

【0036】垂直磁性膜4を単層構造とする場合には、この垂直磁性膜4を構成する材料からなるターゲットを用いて垂直磁性膜4を形成することができる。垂直磁性膜4を、遷移金属層と貴金属層からなる多層構造とする場合には、遷移金属(Co、Co合金)からなる第1のターゲットと、貴金属(Pt、Pd等)からなる第2のターゲットを交互に用いて、それぞれのターゲットの材料を交互にスパッタすることにより垂直磁性膜4を構成する。

【0037】保護膜5の形成方法としては、カーボンターゲットを用いたスパッタ法や、CVD法、イオンビーム法を用いることができる。また、SiO<sub>2</sub>やZrO<sub>2</sub>のターゲットを用いたRFスパッタ、あるいはSiやZrのターゲットを用い、プロセスガスとして酸素を含むガスを用いる反応性スパッタによって、SiO<sub>2</sub>やZrO<sub>2</sub>からなる保護膜5を形成する方法などを適用することができる。CVD法、イオンビーム法を用いる場合には、極めて硬度の高い保護膜5を形成することができ、スパッタ法よりも保護膜5を大幅に薄くすることが可能となるため、記録再生時のスペーシングロスを小さくし、高密度の記録再生を行うことができる。

【0038】本実施形態の磁気記録媒体では、軟磁性下地膜2の材料として、以下に示す組成で表されるもののうちいずれかを用いるので、記録再生特性を向上させることができる。

$$aFe - bCo - cM - dX1 - fN \quad \dots (1)$$

$$(60 \leq a+b \leq 90, 30 \leq a \leq 90, 5 \leq c \leq 20, 0, 1 \leq d \leq 7, 3 \leq f \leq 30)$$

$$aFe - bCo - cM - eX2 - fN \quad \dots (2)$$

$$(60 \leq a+b \leq 90, 30 \leq a \leq 90, 5 \leq c \leq 20, 0, 1 \leq e \leq 10, 3 \leq f \leq 30)$$

$$aFe - bCo - cM - dX1 - eX2 - fN \quad \dots (3)$$

$$(60 \leq a+b \leq 90, 30 \leq a \leq 90, 5 \leq c \leq 20, 0, 1 \leq d \leq 7, 0, 1 \leq e \leq 7, 3 \leq f \leq 30)$$

【0039】上記材料を用いることによって、記録再生特性を向上させることができる理由を以下に示す。窒素には、Fe合金膜において結晶粒を微細化する効果があるため、窒素の添加によってノイズ低減を図ることができる。さらに、Fe-N合金に、M(Ti、Zr、Nb、Hf、Ta、V、Moのうち1種または2種以上)を添加することによって、MとNが結合した化合物を生成させることができる。このMとNを含む化合物は、粒界に偏析しやすいため、Mの添加によって、粒界の形成を促進し、結晶粒を孤立化させ、さらにノイズを低く抑えることができる。またX1(Cr、Ga、Al、Si、Niのうち1種または2種以上)は、Feに固溶し、Fe合金結晶の成長を抑える性質がある。このため、X1の添加によって、軟磁性下地膜2において過剰な結晶成長

を阻止することができる。従って、結晶粒の粗大化を防ぎ、ノイズ低減を図ることができる。またX2(P、C、B、O)は、粒界領域に偏析しやすく、粒界においてFeやMと共有結合する性質があるため、X2の添加によって、上記共有結合性化合物を含む粒界を形成させることができる。このため、幅が広く、かつ安定な粒界を形成するとともに、過剰な結晶成長を抑制することができる。従って、結晶粒を微細化、孤立化させ、さらなるノイズ抑制が可能となる。X1とX2のいずれか1つでも媒体ノイズ低減効果があるが、これら双方を添加することによって、いっそう優れた媒体ノイズ低減効果を得ることができる。以上の理由により、上記材料を用いることによって、軟磁性下地膜2内の結晶粒径を小さくするとともに、結晶粒を孤立化させ、軟磁性下地膜2に起因するノイズを低減することができる。また結晶粒を孤立化させることができるために、これら結晶粒間の磁気的相互作用を抑制することができる。このため、軟磁性下地膜2中の磁気クラスターサイズを小さくし、この磁気クラスターに基づくノイズを抑えることができる。

【0040】また、軟磁性下地膜2において結晶粒を微細化、孤立化できることから、軟磁性下地膜2の影響下で成長する配向制御膜3、垂直磁性膜4においても結晶粒の微細化、孤立化を図ることができる。このため、さらなる媒体ノイズ低減を図ることができる。また上記磁気記録媒体では、記録再生時において、磁気ヘッドからの磁束が垂直磁性膜4、軟磁性下地膜2を通って再び磁気ヘッドに至る閉磁路が形成される。このように、軟磁性下地膜2と垂直磁性膜4は共通の磁束により磁化されるため、垂直磁性膜4の磁気クラスターサイズは、軟磁性下地膜2の磁気クラスターサイズに影響されるようになる。このため、垂直磁性膜4の磁気クラスターサイズは、軟磁性下地膜2の磁気クラスターサイズと同様、小さくなる。

【0041】以上より、本実施形態の磁気記録媒体では、軟磁性下地膜2および垂直磁性膜4において、結晶粒径および磁気クラスターサイズを小さくし、記録再生特性を向上させ、高密度の情報の記録再生が可能となる。なお、磁気クラスターサイズは、磁気間力顕微鏡(MFM)により求めることができる。すなわち軟磁性下地膜2を形成した段階の媒体を交流消磁した後、MFMで磁化状態を測定して、互いにほぼ同じ方向に向いている磁化の集団の直径を磁気クラスターサイズとすることができる。

【0042】また本実施形態の磁気記録媒体では、軟磁性下地膜2に、上記式(1)～(3)に示す材料を用いるので、軟磁性下地膜2において十分な磁化を得ることができる。このため、軟磁性下地膜2を過大な厚さに形成する必要がなく、生産性の低下を防ぐことができる。また軟磁性下地膜2の表面粗さを小さくし、グライドハイド特性の劣化を防ぐことができる。

【0043】また、軟磁性下地膜2を、微細結晶2aと、微細結晶2aよりもMとN (M=Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, Moのうち1種または2種以上)を多く含有する非晶質相2bとからなるものとすることによって、幅が広く、かつ安定な非晶質相2bを形成し、微細結晶2a間の磁気的相互作用を抑え、磁気クラスター サイズを小さくでき、媒体ノイズを小さくすることができる。非晶質相2bが幅広で安定なものとなるのは、MとNが結合した化合物が形成され、この化合物が非晶質相2bに偏析するためであると考えられる。

【0044】本実施形態の磁気記録媒体の製造方法では、軟磁性下地膜2に、上記式(1)～(3)に示す材料を用いるので、軟磁性下地膜2、垂直磁性膜4内の結晶粒径を小さくし、軟磁性下地膜2、垂直磁性膜4に起因するノイズを低減することができる。また軟磁性下地膜2および垂直磁性膜4の磁気クラスター サイズを小さくし、この磁気クラスターに基づくノイズを抑えることができる。従って、記録再生特性を向上させ高密度の情報の記録再生が可能となる。

【0045】図5は、本発明の磁気記録媒体の第2の実施形態を示すものである。この磁気記録媒体では、軟磁性下地膜2と配向制御膜3との間に、配向制御下地膜7が設けられている点で、上記第1の実施形態の磁気記録媒体と異なる。配向制御下地膜7には、Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, Hfのうち1種または2種以上を主成分とする材料を用いることができる。また、配向制御下地膜7の材料としては、B2構造をなす材料を用いることもできる。B2構造をなす材料としては、NiAl, FeAl, CoFe, CoZr, NiTi, AlCo, AlRu, CoTiのうち1種または2種以上の合金を主成分とするものが使用できる。また、これらの合金にCr, Mo, Si, Mn, W, Nb, Ti, Zr, B, O, N等の元素を添加した材料を用いることもできる。配向制御下地膜7の厚さは、30 nm以下とするのが好ましい。この厚さが上記範囲を越えると、垂直磁性膜4と軟磁性下地膜2との距離が大きくなるため分解能およびノイズ特性が劣化する。配向制御下地膜7の厚さは、0.1 nm以上とするのが好ましい。

【0046】図6は、本発明の磁気記録媒体の第3の実施形態を示すものである。この磁気記録媒体では、配向制御膜3と垂直磁性膜4との間に、非磁性材料からなる非磁性中間膜8が設けられている点で、図1に示す第1の実施形態の磁気記録媒体と異なる。非磁性中間膜8には、hcp構造をとる非磁性材料を用いるのが好ましい。この材料としては、CoCr合金、CoCrX5合金、CoX5合金 (X5は、Pt, Ta, Zr, Ru, Nb, Cu, Re, Ni, Mn, Ge, Si, O, N, Bのうち1種または2種以上) を用いるのが好適である。非磁性中間膜8の厚さは、垂直磁性膜4における磁性粒

の粗大化による記録再生特性の悪化や、磁気ヘッドと軟磁性下地膜2の距離が大きくなることによる記録分解能の低下を防ぐため、20 nm以下 (好ましくは10 nm以下) とするのが好適である。本実施形態では、非磁性中間膜8を設けることによって、垂直磁性膜4の配向性を向上させ、保磁力Hcを高め、記録再生特性および熱搖らぎ特性をさらに向上させることができる。

【0047】図7は、本発明の磁気記録媒体の第4の実施形態を示すものである。この磁気記録媒体では、非磁性基板1と軟磁性下地膜2との間に、磁化容易軸が面内方向に向いた硬磁性膜9と面内下地膜10が設けられている点で、図1に示す第1の実施形態の磁気記録媒体と異なる。硬磁性膜9に用いられる材料としては、CoCr合金、特にCoCrX6 (X6は、Pt, Ta, Zr, Nb, Cu, Re, Ni, Mn, Ge, Si, O, N, Bのうちから選ばれる1種または2種以上) を用いるのが好適である。またCoSm合金を用いてもよい。硬磁性膜9は、保磁力Hcが1000 (Oe) 以上 (好ましくは2000 (Oe) 以上) であることが好ましい。硬磁性膜9の厚さは、10～150 nm (好ましくは40～80 nm) とするのが好ましい。硬磁性膜9は、軟磁性下地膜2が基板半径方向の磁壁を形成しないようにするため、基板中心から放射状の方向に磁化され、硬磁性膜9と軟磁性下地膜2が交換結合していることが好ましい。面内下地膜10は、硬磁性膜9の直下に設けられ、その材料としては、CrまたはCr合金を挙げることができる。面内下地膜10に用いられるCr合金の例としては、CrMo系、CrTi系、CrW系、CrMo系、CrV系、CrSi系、CrNb系の合金を挙げることができる。

【0048】硬磁性膜9を設けることによって、軟磁性下地膜2での巨大磁区の形成を抑えることができる。このため、外乱磁場が大きい環境下においてもスパイクノイズの発生を防ぐことができ、エラーレート特性に優れ、高密度記録が可能な磁気記録媒体を得ることができる。

【0049】図8は、本発明の磁気記録媒体の第5の実施形態を示すものである。ここに示す磁気記録媒体では、垂直磁性膜4と保護膜5との間に、磁化安定膜11が設けられている点で図1に示す第1の実施形態の磁気記録媒体と異なる。磁化安定膜11の材料としては、Feを60 at %以上含有するFe合金を用いることができる。この材料としては、FeCo系合金 (FeCo, FeCoVなど) 、FeNi系合金 (FeNi, FeNiMo, FeNiCr, FeNiSiなど) 、FeAl系合金 (FeAl, FeAlSi, FeAlSiCr, FeAlSiTiRuなど) 、FeCr系合金 (FeCr, FeCrTi, FeCrCuなど) 、FeTa系合金 (FeTa, FaTaCなど) 、FeC系合金、FeN系合金、FeSi系合金、FeP系合金、FeNb系

合金、FeHf系合金を挙げることができる。磁化安定膜11は、FeAlO、FeMgO、FeTaN、FeZrNなどの微細結晶を有する構成とすることができる。また微細結晶がマトリクス中に分散されたグラニュラー構造とすることもできる。磁化安定膜11には、Coを80at%以上含有し、Zr、Nb、Ta、Cr、Mo等のうち少なくとも1種以上を含有するCo合金を用いることもできる。例えば、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoZrMoなどを好適なものとして挙げることができる。磁化安定膜11の保磁力Hcは100(Oe)以下(好ましくは50(Oe)以下)とするのが好ましい。磁化安定膜11の飽和磁束密度Bsは、0.4T以上(好ましくは1T以上)とするのが好ましい。また、磁化安定膜11の飽和磁束密度膜厚積Bs·tは7.2T·nm以下であること好ましい。このBs·tが上記範囲を越えると再生出力が低下するため好ましくない。また磁化安定膜11の最大透磁率は、1000~1000000(好ましくは10000~500000)とするのが好ましい。磁化安定膜11は、構成材料が部分的または完全に酸化された構成とすることができる。すなわち磁化安定膜11の表面(保護膜5側または垂直磁性膜4側の面)およびその近傍において、構成材料が部分的または全体的に酸化された構成とすることができる。

【0050】本実施形態では、磁化安定膜11を設けることによって、熱搖らぎ特性の向上、再生出力の増大を図ることができる。再生出力が増大するのは、磁化安定膜11によって、垂直磁性膜4の表面における磁化の搖らぎが抑えられることから、漏れ磁束が搖らぎの影響を受けなくなるためであると考えられる。熱搖らぎ特性が向上するのは、磁化安定膜11によって、垂直磁性膜4の垂直方向の磁化と、軟磁性下地膜2および磁化安定膜11の面内方向の磁化が、閉磁路を形成するようになり、垂直磁性膜4の磁化がより強固に垂直方向に固定されるためであると考えられる。また磁化安定膜11の表面が酸化された構成とする場合には、磁化安定膜11の表面の磁気的な搖らぎを抑えることができるため、この磁気的な搖らぎに起因するノイズを低減し、磁気記録媒体の記録再生特性を改善することができる。

【0051】図9は、本発明に係る磁気記録再生装置の一例を示す構成図である。この図に示す磁気記録再生装置は、上記構成の磁気記録媒体20と、この磁気記録媒体20を回転駆動させる媒体駆動部21と、磁気記録媒体20に対して情報の記録再生を行う磁気ヘッド22と、磁気ヘッド22を駆動させるヘッド駆動部23と、記録再生信号処理系24とを備えている。記録再生信号系24は、入力されたデータを処理して記録信号を磁気ヘッド22に送ったり、磁気ヘッド22からの再生信号を処理してデータを出力することができるようになっている。

【0052】磁気ヘッド22としては、単磁極ヘッドを用いることができる。図10は、単磁極ヘッドの一例を示すもので、単磁極ヘッド22は、磁極25と、コイル26とから概略構成されている。磁極25は、幅の狭い主磁極27と幅広の補助磁極28とを有する側面視略コ字状に形成され、主磁極27は、記録時に垂直磁性膜4に印加される磁界を発生し、再生時に垂直磁性膜4からの磁束を検出することができるようになっている。

【0053】単磁極ヘッド22を用いて、磁気記録媒体

10 20への記録を行う際には、主磁極27の先端から発せられた磁束が、垂直磁性膜4を、基板1に対しほぼ垂直な方向に磁化させる。この際、磁気記録媒体20には軟磁性下地膜2が設けられているため、単磁極ヘッド22の主磁極27からの磁束は、垂直磁性膜4、軟磁性下地膜2を通って補助磁極28に至る閉磁路を形成する。この閉磁路が単磁極ヘッド22と磁気記録媒体20との間に形成されることにより、磁束の出入りの効率が増し、高密度の記録再生が可能になる。なお、軟磁性下地膜2と補助磁極28との間の磁束は、主磁極27と軟磁性下地膜2との間の磁束とは逆向きになるが、補助磁極28の面積は主磁極27に比べて十分に広いので、補助磁極28からの磁束密度は十分に小さくなり、この補助磁極28からの磁束により垂直磁性膜4の磁化が影響を受けることはない。また本発明では、磁気ヘッドとして、単磁極ヘッド以外のもの、例えば再生部に巨大磁気抵抗(GMR)素子を備えた複合型薄膜磁気記録ヘッドを用いることができる。

【0054】本実施形態の磁気記録再生装置は、磁気記録媒体20の軟磁性下地膜2に、上記式(1)~(3)に示す30 材料を用いるので、軟磁性下地膜2内の結晶粒を微細化、孤立化し、軟磁性下地膜2に起因するノイズを低減することができる。また軟磁性下地膜2中の磁気クラスター・サイズを小さくし、これによって垂直磁性膜4内の磁気クラスター・サイズを小さくすることができる。このため、この磁気クラスターに基づくノイズを抑えることができる。従って、記録再生特性を向上させ高密度の情報の記録再生が可能となる。

【0055】

【実施例】以下、実施例を示して本発明の作用効果を明確にする。ただし、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

(実施例1) 洗浄済みのガラス基板1(オハラ社製、外径2.5インチ)をDCマグネットロンスパッタ装置(ANELVA社製C-3010)の成膜チャンバ内に収容して、到達真空度 $1 \times 10^{-5}$ Paとなるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板上に、84Fe-13Hf-3Crからなるターゲットを用い、アルゴン・窒素混合ガス(窒素含有率5vol%)中で、軟磁性下地膜2(厚さ100nm)を形成した。次いで、軟磁性下地膜2に350°Cの条件で10秒間の熱処理(アニール

処理) を施した。軟磁性下地膜2の組成をオージェ電子分光法(AES)を用いて測定したところ、75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11Nであることが確認された。また透過型電子顕微鏡(TEM)を用いてこの軟磁性下地膜2を観察したところ、この軟磁性下地膜2は、多数の微細結晶2aが非晶質相2bによって隔てられた構造となっており、この微細結晶2aの平均粒径が10nmであることが確認された。また振動式磁気特性測定装置(VSM)による測定の結果、軟磁性下地膜2の飽和磁束密度Bsは1.5Tであり、Bs·tが150T·nmであることがわかった。次いで、200℃の条件で、軟磁性下地膜2上に、50Ni-50Alからなる配向制御下地膜7(厚さ8nm)と、Ruからなる配向制御膜3(厚さ10nm)とからなる配向制御膜3を順次形成した。次いで、65Co-17Cr-16Pt-2Bからなる垂直磁性膜4(厚さ25nm)を形成した。垂直磁性膜4をTEMを用いて観察した結果、平均結晶粒径が9nmであることが明らかになった。また Kerr効果測定装置を用いて垂直磁性膜4の静磁気特性を調べたところ、保磁力は4570(Oe)、逆磁区核形成磁界(-Hn)は750(Oe)であった。また軟磁性下地膜2、配向制御膜3、垂直磁性膜4を形成する際には、成膜用のプロセスガスとしてアルゴンを用い、その圧力を0.5Paに設定した。次いで、CVD

法により保護膜5(厚さ5nm)を形成した。次いで、ディップコーティング法によりパーフルオロボリエーテルからなる潤滑膜6を形成し、磁気記録媒体を得た。なお上記合金材料の記載において、aA-bBは、a(at%)A-b(at%)Bを示す。例えば65Co-17Cr-16Pt-2Bは、65at%Co-17at%Cr-16at%Pt-2at%B(Co含有率65at%、Cr含有率17at%、Pt含有率16at%、B含有率2at%)を意味する。

10 【0056】(実施例2~15) 軟磁性下地膜2の組成を表1に示すとおりとすること以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した(表1を参照)。

【0057】(比較例1~6) 軟磁性下地膜2の組成を表1に示すとおりとすること以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した(表1を参照)。

【0058】これら実施例および比較例の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した。記録再生特性の評価は、GUZIK社製リードライトアナライザRWA1632、およびスピニスタンドS1701MPを用いて

20 測定した。記録再生特性の評価には、磁気ヘッドとして垂直記録用の単磁極ヘッドを用い、線記録密度600kFCIにて測定を行った。試験結果を表1に示す。

【0059】

【表1】

	軟磁性下地膜 組成	配向制御 下地膜 組成		配向制御 膜組成		垂直磁性膜 組成		記録再 生特性 I2-Ret 10-X
		組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5
実施例2	75.2Fe-12.4Hf-0.2Cr-12.2N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.0
実施例3	72.6Fe-9.8Hf-6.5Cr-11.1N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1
実施例4	74.9Fe-10.4Hf-2.4Al-12.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.3
実施例5	74.1Fe-9.8Hf-2.8Si-13.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1
実施例6	73.2Fe-11Hf-3.2Ga-12.4N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.3
実施例7	74.5Fe-11.6Hf-1.5Cr-0.8Al-11.6N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5
実施例8	75.3Fe-8.6Zr-2.4Cr-13.7N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.4
実施例9	72.5Fe-10.6Ta-2.1Cr-14.8N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.4
実施例10	72.2Fe-12.1Nb-2.9Cr-12.8N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.2
実施例11	73.2Fe-11.2Ti-2.2Cr-13.4N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.9
実施例12	75.4Fe-5.4Hf-2.4Cr-16.8N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.9
実施例13	76.6Fe-17.6Hf-2.4Cr-3.4N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.9
実施例14	63Fe-6.6Hf-1.1Cr-29.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.8
実施例15	37Fe-32Co-14.6Hf-2.9Cr-13.5N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.3
比較例1	76Fe-12.3Hf-11.7N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-4.2
比較例2	68Fe-11.2Hf-7.8Cr-13N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.3
比較例3	55Fe-17.8Hf-4.2Cr-23N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.1
比較例4	64Fe-21.5Hf-3.7Cr-10.8N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.2
比較例5	84Fe-13Hf-3Cr	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-4.2
比較例6	60Fe-8.3Hf-0.5Cr-31.2N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-4.9

(厚さの単位はnm)

【0060】表1より、上記式(1)に示す材料を軟磁性下地膜2に用いた実施例では、比較例に比べ、優れた記録再生特性を示したことがわかる。

【0061】(実施例16~26) 軟磁性下地膜2の組成を表2に示すとおりとすること以外は、実施例1に準

じて磁気記録媒体を作製した(表2を参照)。

【0062】(比較例7、8) 軟磁性下地膜2の組成を表2に示すとおりとすること以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した(表2を参照)。

【0063】これら実施例および比較例の磁気記録媒体

について、記録再生特性を評価した。試験結果を表2に示す。

【0064】  
【表2】

	軟磁性下地膜 組成	配向制御 下地膜 組成		配向 制御膜 組成		垂直磁性膜 組成		記録再 生特性 Iラ-レ- ト 10-X
		厚 さ		厚 さ		厚 さ		
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5
実施例16	74.9Fe-11.1Hf-2.7B-11.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.8
実施例17	74.5Fe-12.1Hf-0.2B-13.2N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.9
実施例18	72.7Fe-9.1Hf-9.4B-8.8N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.8
実施例19	74.5Fe-10.2Hf-2C-13.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.4
実施例20	73.8Fe-11.1Hf-2.8P-12.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.6
実施例21	73.9Fe-10.6Hf-3.4O-12.1N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.8
実施例22	75.5Fe-10.3Hf-2.0B-1.1C-11.1N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.9
実施例23	76.6Fe-9.1Zr-2.4B-11.9N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.3
実施例24	74.4Fe-10.1Ta-2.1B-13.4N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.2
実施例25	73.4Fe-11.8Nb-2.5B-12.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.4
実施例26	74.6Fe-11.6Ti-2.2B-11.6N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.0
比較例7	68.9Fe-10.1Hf-12.7B-8.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-4.9
比較例8	68.4Fe-9.5Hf-12.8P-9.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.1

(厚さの単位はnm)

【0065】表2より、上記式(2)に示す材料を軟磁性下地膜2に用いた実施例では、比較例に比べ、優れた記録再生特性を示したことがわかる。

【0066】(実施例27～35)軟磁性下地膜2の組成を表3に示すとおりとすること以外は、実施例1に準

じて磁気記録媒体を作製した(表3を参照)。これら実施例の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した結果を表3に示す。

【0067】

【表3】

	軟磁性下地膜 組成	配向制御 下地膜 組成		配向 制御膜 組成		垂直磁性膜 組成		記録再 生特性 Iラ-レ- ト 10-X
		厚 さ		厚 さ		厚 さ		
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5
実施例27	73.5Fe-10.6Hf-1.7Cr-1.9B-12.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.1
実施例28	73.5Fe-10.6Hf-0.2Cr-2.3B-13.4N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.0
実施例29	73.2Fe-9Hf-4.8Cr-1.5B-11.5N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.9
実施例30	72.8Fe-10.6Hf-2.1Cr-0.2B-14.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.9
実施例31	72.1Fe-8.6Hf-1.5Cr-6.8B-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.6
実施例32	73.9Fe-10.4Hf-1.9Al-1.8B-12N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.0
実施例33	73.4Fe-10.9Hf-1.6Al-2.2P-11.9N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.3
実施例34	73.9Fe-11.4Hf-1.2Cr-1.1Al-1.6B-10.8N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.1
実施例35	72.3Fe-10.1Hf-1.7Cr-1.9B-0.9P-13.1N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.2

(厚さの単位はnm)

【0068】表3より、上記式(3)に示す材料を軟磁性下地膜2に用いた実施例では、優れた記録再生特性を示したことがわかる。また式(1)、(2)に示す材料を用いた実施例(表1、表2)に比べて、より優れた記録再生特性が得られたことがわかる。

【0069】(実施例36～39)軟磁性下地膜2の飽

和磁束密度B sおよび厚さtを表4に示すとおりとすること以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した(表4を参照)。これら実施例の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した結果を表4に示す。

【0070】

【表4】

	軟磁性下地膜				配向制御下地膜組成	厚さ	配向制御膜組成	厚さ	垂直磁性膜		記録再生特性 I <sub>1</sub> -レート 10-X
	組成	B <sub>s</sub> (T)	t (nm)	B <sub>s</sub> ·t (T·nm)					組成	厚さ	
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	1.5	100	150	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5
実施例36	80Fe-8.6Hf-1.2Cr-10.2N	1.8	85	153	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5
実施例37	71Fe-12.4Hf-4.4Cr-12.2N	1.3	115	150	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1
実施例38	63Fe-17.8Hf-3.1Cr-18.1N	1.0	150	150	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.9
実施例39	60.3Fe-18.7Hf-6.8Cr-14.2N	0.8	188	150	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.5

(厚さの単位はnm)

【0071】表4より、飽和磁束密度B<sub>s</sub>を1T以上（特に1.4T以上）とすることによって、優れた記録再生特性を得ることができたことがわかる。

【0072】（実施例40～42）軟磁性下地膜2の飽和磁束密度B<sub>s</sub>および膜厚tを表5に示すとおりとする

こと以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した（表5を参照）。これら実施例の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した結果を表5に示す。

【0073】

【表5】

	軟磁性下地膜				配向制御下地膜組成	厚さ	配向制御膜組成	厚さ	垂直磁性膜		記録再生特性 I <sub>1</sub> -レート 10-X
	組成	B <sub>s</sub> (T)	t (nm)	B <sub>s</sub> ·t (T·nm)					組成	厚さ	
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	1.5	100	150	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5
実施例40	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	1.5	30	45	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.8
実施例41	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	1.5	60	90	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1
実施例42	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	1.5	70	105	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5

(厚さの単位はnm)

【0074】表5より、飽和磁束密度B<sub>s</sub>と膜厚tの積B<sub>s</sub>·tを50T·nm以上（特に100T·nm以上）とすることによって、優れた記録再生特性を得ることができたことがわかる。

【0075】（実施例43～54）配向制御下地膜7および配向制御膜3の材料およびその厚さを表6に示すと

おりとすること以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した（表6を参照）。これら実施例の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した結果を表6に示す。

【0076】

【表6】

	軟磁性下地膜		配向制御下地膜組成	厚さ	配向制御膜組成	厚さ	垂直磁性膜		記録再生特性 I <sub>1</sub> -レート 10-X
	組成	組成					組成	厚さ	
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5	
実施例43	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	—	—	Ru	2	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1	
実施例44	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	—	—	Ru	18	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.2	
実施例45	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	—	—	Ru	45	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.9	
実施例46	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	—	—	70Ru30Cu	18	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.6	
実施例47	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	—	—	Hf	18	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.7	
実施例48	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	—	—	80Hf20B	18	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.8	
実施例49	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Re	8	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.7	
実施例50	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	—	—	Ni	3	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1	
実施例51	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ni	3	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1	
実施例52	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	—	—	85Ni10Cr5N	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.3	
実施例53	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	—	—	Cu	15	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.5	
実施例54	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	—	—	80Pd20B	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.4	

(厚さの単位はnm)

【0077】表6より、配向制御膜3に、h c p構造またはf c c構造材料（特にRu、Hf、Ru合金、Hf合金、Ni、Ni合金）を用いた構成によって、記録再生特性に優れた磁気記録媒体を得ることができたことがわかる。

【0078】（実施例55～63）垂直磁性膜4の材料およびその厚さを表7に示すとおりとすること以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製した（表7を参照）。これら磁気記録媒体の熱搖らぎ耐性を評価した結果を表7に示す。熱搖らぎ耐性の評価は、70℃の条件

下で線記録密度 50 k F C I にて書き込みをおこなった後、書き込み後 1 秒後の再生出力に対する出力の低下率 (%/decade) を、  $(S_o - S) \times 100 / (S_o \times 3)$  に基づいて算出した。この式において、  $S_o$  は磁気記録媒体に信号記録後 1 秒経過時の再生出力を示

し、  $S$  は 1000 秒後の再生出力を示す。これら実施例の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した結果を併せて表 7 に示す。

## 【0079】

【表 7】

	軟磁性下地膜		配向制御下地膜		配向制御膜		垂直磁性膜		記録再生特性 10-X	熱搖ら ぎ耐性 (%/decade)
	組成	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	組成		
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5	0.65	
実施例55	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	3	-4.9	1.03	
実施例56	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	8	-6.0	0.88	
実施例57	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	45	-5.8	0.55	
実施例58	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	60	-5.1	0.52	
実施例59	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	62Co19Cr15Pt3Mn	25	-6.1	0.71	
実施例60	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	68Co21Cr6Pt5B	25	-6.3	1.08	
実施例61	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	61Co17Cr21Pt	25	-5.6	0.49	
実施例62	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	Co/Pd	(*)	-5.3	0.36	
実施例63	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	TbFeCo	25	-5.1	0.64	

\*1: Co層とPd層を多数回にわたって積層した多層構造膜

(厚さの単位は nm)

【0080】表 7 より、垂直磁性膜 4 の厚さを 5 ~ 50 nm (特に 7 ~ 30 nm) とすることによって、優れた記録再生特性が得られたことがわかる。また垂直磁性膜 4 に CoCrPt 合金を用いた場合には、Pt 含有率を 8 ~ 24 at % とすることによって、優れた熱搖らぎ耐性が得られることがわかる。

【0081】(実施例 64 ~ 67) 軟磁性下地膜 2 の表面を酸素含有ガス (曝露ガス) に曝すことによって、軟磁性下地膜 2 に酸化処理を施すこと以外は実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作製した。曝露ガスとしては、純酸素 (100% O<sub>2</sub>)、または酸素アルゴン混合ガス (5 0 v o l % O<sub>2</sub> - 5 0 v o l % Ar) を用いた。上記曝露によって軟磁性下地膜 2 の表面に形成された酸化層の

厚さを表 8 に示す。これら実施例の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した結果を表 8 に示す。

20 【0082】(実施例 68) 軟磁性下地膜 2 を形成する際に、プロセスガス (成膜ガス) として、Ar (100%) を用い、次いで酸素アルゴン混合ガス (混合比: 1 0 v o l % O<sub>2</sub> - 9 0 v o l % Ar) を用いること以外は実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作製した (表 8 を参照)。酸素アルゴン混合ガスの使用によって、軟磁性下地膜 2 の表面付近に酸化層が形成された。この酸化層の厚さを表 8 に併せて示す。この磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した結果を表 8 に示す。

## 【0083】

【表 8】

	軟磁性下地膜			配向制御下地膜		配向制御膜		垂直磁性膜		記録再生特性 10-X	
	組成	曝露ガス (アロカガス)	酸化処理	酸化層厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	組成		
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	—	—	—	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1
実施例64	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	100% O <sub>2</sub>	曝露	0.5	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.1
実施例65	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	100% O <sub>2</sub>	曝露	2.5	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.9
実施例66	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	100% O <sub>2</sub>	曝露	4	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1
実施例67	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	50% O <sub>2</sub> -50% Ar	曝露	1	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.8
実施例68	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	10% O <sub>2</sub> -90% Ar	(*)	1	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.7

\*1: 軟磁性下地膜形成時に、プロセスガスとして 100% Ar を用いた後、10% O<sub>2</sub>-90% Ar を使用した。

(厚さの単位は nm)

【0084】表 8 より、軟磁性下地膜 2 の酸化によって、優れた記録再生特性が得られたことがわかる。

【0085】(実施例 69 ~ 76) 配向制御膜 3 と垂直磁性膜 4 との間に非磁性中間膜 8 を設けること以外は実施例 1 に準じて磁気記録媒体を作製した (表 9 を参

照)。これら実施例の磁気記録媒体について、記録再生特性および熱搖らぎ耐性を評価した結果を表 9 に示す。

## 【0086】

【表 9】

	軟磁性下地膜		配向制御下地膜		配向制御膜		非磁性中間膜		垂直磁性膜		記録再生特性 エラ-レット 10-X	熱搖ら ぎ耐性 (%/de cade)
	組成		組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ		
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	—	—	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5	0.65	
実施例69	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	60Co40Cr	5	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.8	0.55	
実施例70	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	60Co40Cr	2	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.8	0.57	
実施例71	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	60Co40Cr	18	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.7	0.52	
実施例72	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	60Co40Cr	25	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5	0.52	
実施例73	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	55Co35Cr10Mn	5	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.9	0.56	
実施例74	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	52Co33Cr10Pt5B	5	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.0	0.55	
実施例75	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	55Co45Ru	5	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.9	0.58	
実施例76	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	60Co30Cr5Ta5B	5	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.9	0.54	

(厚さの単位はnm)

【0087】表9より、非磁性中間膜8を設けることによって、記録再生特性、熱搖らぎ耐性を向上させることができたことがわかる。特に、非磁性中間膜8の厚さを20nm以下(特に10nm以下)とすることによって、優れた記録再生特性が得られたことがわかる。

【0088】(実施例77～81) 非磁性基板1と軟磁性下地膜2との間に硬磁性膜9、面内下地膜10を設けること以外は、実施例1に準じて磁気記録媒体を作製し

た(表10を参照)。面内下地膜10には、94Cr6Moを用い、厚さは15nmとした。これら実施例の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した結果を表10に示す。表10には、スパイクノイズの有無も併せて示す。

## 【0089】

## 【表10】

	硬磁性膜		軟磁性下地膜		配向制御下地膜		配向制御膜		垂直磁性膜		記録再生特性 エラ-レット 10-X	スパイ クノイ ズ有無
	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ		
実施例1	—	—	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5	*1	
実施例77	65Co17Cr16Pt2B	50	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.4	なし	
実施例78	65Co17Cr16Pt2B	20	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5	なし	
実施例79	65Co17Cr16Pt2B	140	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1	なし	
実施例80	64Co21Cr10Pt5B	50	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.4	なし	
実施例81	84Co16Sm	50	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.0	なし	

\*1:わずかにスパイクノイズが観察された。

(厚さの単位はnm)

【0090】表10より、硬磁性膜9、面内下地膜10を設けることによって、スパイクノイズを抑えることができたことがわかる。また十分な記録再生特性を得ることができたことがわかる。

【0091】(実施例82～86) 垂直磁性膜4と保護膜5との間に磁化安定膜11を設けたこと以外は、実施

例1に準じて磁気記録媒体を作製した(表11を参照)。これら実施例の磁気記録媒体について、記録再生特性を評価した結果を表11に示す。

## 【0092】

## 【表11】

	軟磁性下地膜		配向制御下地膜		配向制御膜		垂直磁性膜	磁化安定膜		記録再生特性 10-X	再生出力 (uV)	熱揺らぎ耐性 (%/decade)
	組成	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ			
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11Ni	NiAl	8	Ru	10	(*)		—	—	-6.5	2180	0.65
実施例82	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11Ni	NiAl	8	Ru	10	(*)	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11Ni	3.6	-6.7	2870	0.45	
実施例83	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11Ni	NiAl	8	Ru	10	(*)	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11Ni	7.0	-6.2	2350	0.53	
実施例84	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11Ni	NiAl	8	Ru	10	(*)	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11Ni	9.6	-5.7	1780	0.74	
実施例85	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11Ni	NiAl	8	Ru	10	(*)	85Fe-15Zr	3.6	-6.4	2660	0.52	
実施例86	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11Ni	NiAl	8	Ru	10	(*)	89Co-4Zr-7Nb	3.6	-6.5	2720	0.51	

\*1: 垂直磁性膜 : 65Co17Cr16Pt2B, 厚さ25nm

(厚さの単位はnm)

【0093】表11より、磁化安定膜11を設けることによって、記録再生特性、再生出力、熱揺らぎ耐性を向上させることができたことがわかる。

#### 【0094】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁気記録媒体にあっては、軟磁性下地膜の材料として、以下に示す組成で表されるもののうちいずれかを用いるので、記録再生特性を向上させることができる。

$$aFe - bCo - cM - dX1 - fN \quad \dots (1)$$

$$(60 \leq a+b \leq 90, 3.0 \leq a \leq 90, 5 \leq c \leq 20, 0, 0, 1 \leq d \leq 7, 3 \leq f \leq 30)$$

$$aFe - bCo - cM - eX2 - fN \quad \dots (2)$$

$$(60 \leq a+b \leq 90, 3.0 \leq a \leq 90, 5 \leq c \leq 20, 0, 0, 1 \leq e \leq 10, 3 \leq f \leq 30)$$

$$aFe - bCo - cM - dX1 - eX2 - fN \quad \dots (3)$$

$$(60 \leq a+b \leq 90, 3.0 \leq a \leq 90, 5 \leq c \leq 20, 0, 0, 1 \leq d \leq 7, 0, 1 \leq e \leq 7, 3 \leq f \leq 30)$$

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の磁気記録媒体の第1の実施形態を示す一部断面図である。

【図2】 図1に示す磁気記録媒体の軟磁性下地膜を

示す構造図である。

【図3】 履歴曲線の一例を示すグラフである。

【図4】 履歴曲線の他の例を示すグラフである。

【図5】 本発明の磁気記録媒体の第2の実施形態を示す一部断面図である。

【図6】 本発明の磁気記録媒体の第3の実施形態を示す一部断面図である。

【図7】 本発明の磁気記録媒体の第4の実施形態を示す一部断面図である。

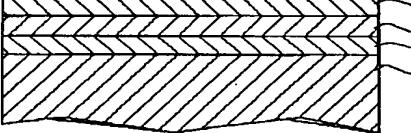
【図8】 本発明の磁気記録媒体の第5の実施形態を示す一部断面図である。

【図9】 本発明の磁気記録再生装置の一例を示す概略構成図である。

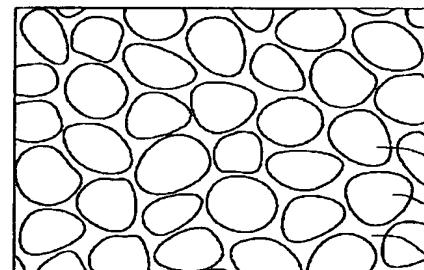
【図10】 図9に示す磁気記録再生装置に使用される磁気ヘッドの一例を示す構成図である。

#### 【符号の説明】

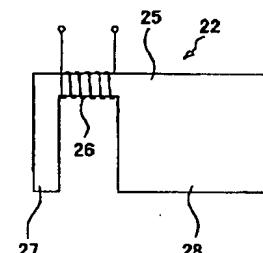
1…非磁性基板、2…軟磁性下地膜、2a…微細結晶、2b…非晶質相、3…配向制御膜、4…垂直磁性膜、5…保護膜、20…磁気記録媒体、22…磁気ヘッド



【図1】



【図2】

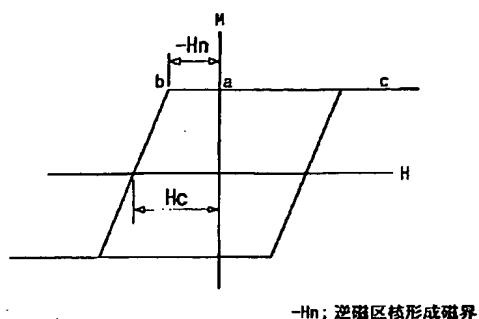


【図10】

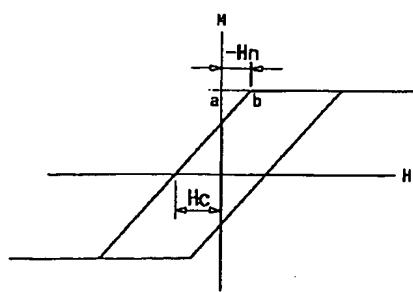
1 : 非磁性基板  
2 : 軟磁性下地膜  
3 : 配向制御膜  
4 : 垂直磁性膜  
5 : 保護膜  
6 : 滑滑膜

2a : 微細結晶  
2b : 非晶質相

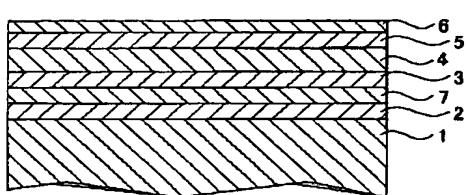
【図 3】



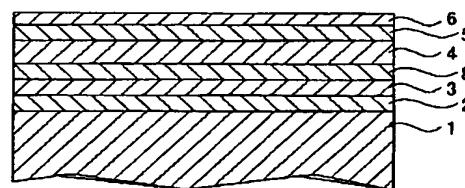
【図 4】



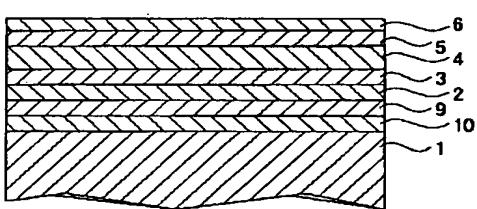
【図 5】



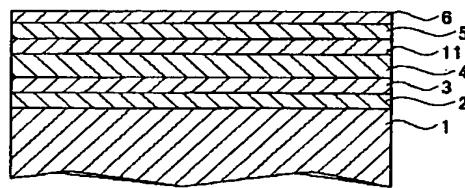
【図 6】



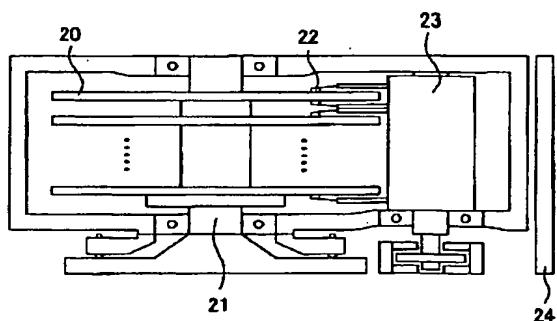
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 酒井 浩志

千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電  
工エイチ・ディー株式会社内

Fターム(参考) 5D006 AA01 CA03 CA05 DA08 EA03  
FA06  
5D112 AA05 BB02 FA04 GB02  
5E049 AA01 AC01 BA06 GC01

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-352408  
 (43)Date of publication of application : 06.12.2002

(51)Int.CI. G11B 5/667  
 G11B 5/851  
 H01F 10/16  
 H01F 41/18

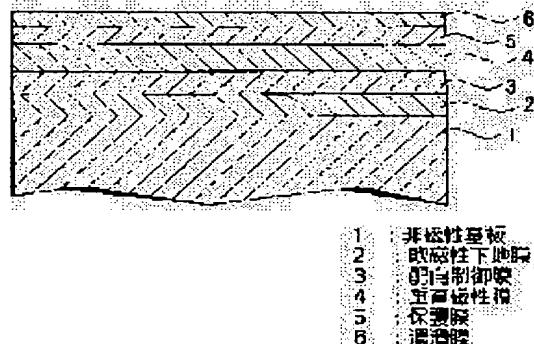
(21)Application number : 2001-154448 (71)Applicant : SHOWA DENKO KK  
 (22)Date of filing : 23.05.2001 (72)Inventor : SHIMIZU KENJI  
 SAKAWAKI AKIRA  
 SAKAI HIROSHI

## (54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM, ITS MANUFACTURING METHOD, AND MAGNETIC RECORDING/REPRODUCING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic recording medium that is excellent in recording/reproducing characteristics.

**SOLUTION:** On a non-magnetic substrate 1, a soft magnetic ground film 2, an orientation control film 3, a perpendicular magnetic film 4, and a protective film 5 are provided, and the soft magnetic ground film 2 contains the material expressed in the following composition. This is aFe-bCo-cM-dX1-fN: where M is one kind or two kinds or more of components selected from Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo, X1 is one kind or two kinds or more of components selected from Cr, Ga, Al, Si and Ni, and a, b, c, d, and f are the atomic ratios expressed as percentages and are 60 a+b 90, 30 a 90, 5 c 20, 0.1 d 7, and 3 f 30.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-352408  
 (43)Date of publication of application : 06.12.2002

(51)Int.CI.

G11B 5/667  
 G11B 5/851  
 H01F 10/16  
 H01F 41/18

(21)Application number : 2001-154448

(71)Applicant : SHOWA DENKO KK

(22)Date of filing : 23.05.2001

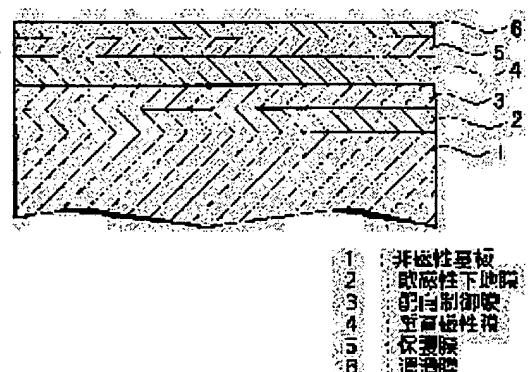
(72)Inventor : SHIMIZU KENJI  
 SAKAWAKI AKIRA  
 SAKAI HIROSHI

## (54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM, ITS MANUFACTURING METHOD, AND MAGNETIC RECORDING/REPRODUCING DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic recording medium that is excellent in recording/reproducing characteristics.

SOLUTION: On a non-magnetic substrate 1, a soft magnetic ground film 2, an orientation control film 3, a perpendicular magnetic film 4, and a protective film 5 are provided, and the soft magnetic ground film 2 contains the material expressed in the following composition. This is aFe-bCo-cM-dX1-fN: where M is one kind or two kinds or more of components selected from Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo, X1 is one kind or two kinds or more of components selected from Cr, Ga, Al, Si and Ni, and a, b, c, d, and f are the atomic ratios expressed as percentages and are  $60 \leq a+b \leq 90$ ,  $30 \leq a \leq 90$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 7$ , and  $3 \leq f \leq 30$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] Magnetic-recording data medium by which a soft magnetism substrate film which consists of soft magnetic materials at least, an orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, a perpendicular magnetic film in which an easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to a substrate, and a protective coat are prepared on a nonmagnetic substrate, and said soft magnetism substrate film is characterized by including a material expressed with the following presentations.

aFe-bCo-cM-dX1-fN (one sort or two sorts or more among [ One sort or two sorts or more, X among M=Ti, and Zr Nb, Hf, Ta, V and Mo 1= ] Cr, Ga, aluminum, Si, and nickel.) However, a, b, c, d, and f are the atomic ratios expressed with percentage, and are  $60 \leq a+b \leq 90$ ,  $30 \leq a \leq 90$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 7$ , and  $3 \leq f \leq 30$ .

[Claim 2] Magnetic-recording data medium by which a soft magnetism substrate film which consists of soft magnetic materials at least, an orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, a perpendicular magnetic film in which an easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to a substrate, and a protective coat are prepared on a nonmagnetic substrate, and said soft magnetism substrate film is characterized by including a material expressed with the following presentations.

aFe-bCo-cM-eX2-fN (one sort or two sorts or more among [ One sort or two sorts or more, X among M=Ti, and Zr Nb, Hf, Ta, V and Mo 2= ] P, C, B, and O.) However, a, b, c, e, and f are the atomic ratios expressed with percentage, and are  $60 \leq a+b \leq 90$ ,  $30 \leq a \leq 90$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq e \leq 10$ , and  $3 \leq f \leq 30$ .

[Claim 3] Magnetic-recording data medium by which a soft magnetism substrate film which consists of soft magnetic materials at least, an orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, a perpendicular magnetic film in which an easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to a substrate, and a protective coat are prepared on a nonmagnetic substrate, and said soft magnetism substrate film is characterized by including a material expressed with the following presentations.

aFe-bCo-cM-dX1-eX2-fN (one sort or two sorts or more among [ One sort or two sorts or more, X among / One sort or two sorts or more, X among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo 1= / Cr, Ga, aluminum, Si and nickel 2= ] P, C, B, and O.) However, a, b, c, d, e, and f are the atomic ratios expressed with percentage, and are  $60 \leq a+b \leq 90$ ,  $30 \leq a \leq 90$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 7$ ,  $0.1 \leq e \leq 7$ , and  $3 \leq f \leq 30$ .

[Claim 4] Magnetic-recording data medium according to claim 3 characterized by being  $60 \leq a+b \leq 80$ ,  $30 \leq a \leq 80$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 3$ ,  $0.1 \leq e \leq 5$ , and  $8 \leq f \leq 25$ .

[Claim 5] It is [ claim 1 characterized by a soft magnetism substrate film consisting of an amorphous phase which contains many M and N (one sort or two sorts or more among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo) rather than a fine crystal and this fine crystal with a mean particle diameter of 13nm or less which carries out the principal component of the Fe thru/or ] magnetic-recording data medium given in any 1 term among 4.

[Claim 6] Magnetic-recording data medium according to claim 5 characterized by a fine crystal taking bcc structure.

[Claim 7] It is [ claim 1 characterized by saturation magnetic flux density Bs of a soft magnetism substrate film being more than 1T thru/or ] magnetic-recording data medium given in any 1 term among 6.

[Claim 8] It is [ claim 1 characterized by saturation magnetic flux density Bs of a soft magnetism substrate film being more than 1.4T thru/or ] magnetic-recording data medium given in any 1 term among 7.

[Claim 9] It is [ claim 1 characterized by product Bs-t of saturation magnetic flux density Bs of a soft magnetism substrate film and thickness t of this soft magnetism substrate film being 50 or more T-nm thru/or ] magnetic-recording data medium given in any 1 term among 8.

[Claim 10] It is [ claim 1 characterized by product Bs-t of saturation magnetic flux density Bs of a soft magnetism substrate film and thickness t of this bottom film of soft magnetism being 100 or more T-nm thru/or ] magnetic-recording data medium given in any 1 term among 9.

[Claim 11] It is [ claim 1 characterized by an orientation control film consisting of an hcp structure material which contains one sort or two sorts or more in Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Hf more than 50%at thru/or ] magnetic-recording data medium given in any 1 term among 10.

[Claim 12] It is [ claim 1 characterized by an orientation control film consisting of a fcc structural material which contains one sort or two sorts or more in nickel, Cu, Pd Ag, Pt, Ir, Au, and aluminum more than 50%at thru/or ] magnetic-recording data medium given in any 1 term among 10.

[Claim 13] It is [ claim 1 characterized by surface some or the surface whole surface by the side of a perpendicular magnetic film of a soft magnetism substrate film having oxidized thru/or ] magnetic-recording data medium given in any 1 term among 12.

[Claim 14] It is [ claim 1 characterized by a reverse magnetic-domain nucleation magnetic field (- Hn) of a perpendicular magnetic film being more than 0 (Oe) thru/or ] magnetic-recording data medium given in any 1 term among 13.

[Claim 15] A manufacture method of magnetic-recording data medium characterized by forming so that a material which prepares a soft magnetism substrate film which consists of soft magnetic materials at least, an orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, a perpendicular magnetic film in which an easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to a substrate, and a protective coat on a nonmagnetic substrate, and is expressed with the following presentations in said soft magnetism substrate film may be included.

aFe-bCo-cM-dX1-eX2-fN (one sort or two sorts or more among [ One sort or two sorts or more, X among / One sort or two sorts or more, X among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo 1= / Cr, Ga, aluminum, Si and nickel 2= ] P, C, B, and O.) However, a, b, c, d, e, and f are the atomic ratios expressed with percentage, and are  $60 \leq a+b \leq 90$ ,  $30 \leq a \leq 90$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 7$ ,  $0.1 \leq e \leq 7$ , and  $3 \leq f \leq 30$ .

[Claim 16] A manufacture method of magnetic-recording data medium according to claim 15 characterized by consisting of an amorphous phase which contains many M and N (one sort or two sorts or more among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo) rather than a fine crystal and this fine crystal with a mean particle diameter of 13nm or less which carries out the principal component of the Fe for a soft magnetism substrate film.

[Claim 17] A manufacture method of magnetic-recording data medium according to claim 15 or 16 characterized by making into 0.1 - 50vol% nitrogen content of membrane formation gas which forms membranes in a spatter and uses a soft magnetism substrate film in the case of membrane formation.

[Claim 18] A manufacture method of magnetic-recording data medium given in claim 15 characterized by heat-treating this soft magnetism substrate film at 250 degrees C - 450 degrees C after forming a soft magnetism substrate film thru/or any 1 term of 17.

[Claim 19] Magnetic-recording data medium The magnetic head which carries out record playback of the information at this magnetic-recording data medium It is the magnetic recorder and reproducing device equipped with the above, and the magnetic head is a single magnetic pole arm head, a soft magnetism substrate film which consists of soft magnetic materials at least on a nonmagnetic substrate, an orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, a perpendicular magnetic film in which a magnetization easy film mainly carried out orientation perpendicularly to a substrate, and a protective coat are prepare, and magnetic recording data medium is characterize by said soft magnetism substrate film contain a material express with the following presentations.

aFe-bCo-cM-dX1-eX2-fN (one sort or two sorts or more among [ One sort or two sorts or more, X among / One sort or two sorts or more, X among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo 1= / Cr, Ga, aluminum, Si and nickel 2= ] P, C, B, and O.) However, a, b, c, d, e, and f are the atomic ratios expressed with percentage, and are  $60 \leq a+b \leq 90$ ,  $30 \leq a \leq 90$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 7$ ,  $0.1 \leq e \leq 7$ , and  $3 \leq f \leq 30$ .

[Claim 20] A magnetic recorder and reproducing device according to claim 19 characterized by being what a soft magnetism substrate film becomes from an amorphous phase which contains many M and N (one sort or two sorts or more among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo) rather than a fine crystal and this fine crystal with a mean particle diameter of 13nm or less which carries out the principal component of the Fe.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

#### [0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to magnetic-recording data medium, its manufacture method, and the magnetic recorder and reproducing device that used this magnetic-recording data medium.

#### [0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, magnetic-recording data medium within a field the easy axis in a magnetic film mainly carried out [ data medium ] orientation horizontally to the substrate is used widely. By magnetic-recording data medium within a field, if high recording density is formed, bit volume becomes small too much and record reproducing characteristics may get worse according to the heat fluctuation effect. Moreover, when high recording density is formed, a data-medium noise increases under the effect of an anti-magnetic field in a record bit boundary. On the other hand, also when high recording density is formed, the effect of an anti-magnetic field in a bit boundary is small, and since a record magnetic domain with a clear boundary is formed, the reduction in a noise is possible for vertical-magnetic-recording data medium in which the easy axis in a magnetic film mainly carried out orientation perpendicularly, and moreover, since a raise in recording density is possible for it even if bit volume is comparatively large, it is strong also in the heat fluctuation effect, and attracts big attention in recent years.

#### [0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In recent years, the further high recording density-ization of magnetic-recording data medium is demanded. For this reason, in order to use the single magnetic pole arm head which is excellent in the write-in capacity over a perpendicular magnetic film, magnetic-recording data medium which prepared the film which consists of soft magnetic materials called a backing layer between the perpendicular magnetic films and substrates which are a record layer is proposed. By this magnetic-recording data medium, the effectiveness of receipts and payments of a single magnetic pole arm head and the magnetic flux between magnetic-recording data medium can be raised. However, even when magnetic-recording data medium which prepared the above-mentioned soft magnetism film (backing layer) was used, record reproducing characteristics cannot be satisfied and magnetic-recording data medium which is excellent in this property was demanded. Using for JP,2-152208,A the soft magnetism film (backing layer) which consists of Co(50 - 75at%)-M'(M'=Ti, Zr, Hf, Nb, Ta, Mo, W) (4 - 25at%)-N (1 - 35at%) is proposed. Since saturation magnetization falls that the content of Co is less than [ 85at% ], it will be necessary to thicken this soft magnetism film, consequently, as for the soft magnetism film which generally consists of a Co alloy, surface roughness will become coarse. For this reason, by above-mentioned magnetic-recording data medium, there was a problem to which it becomes impossible to make low enough the magnetic-head surfacing height at the time of record playback, and high recording density-ization becomes difficult. Moreover, in order to form a thick soft magnetism film, there was a problem to which productivity falls. Moreover, by preparing the soft magnetism substrate film which consists of FeAlSi and a FeTaN alloy in JP,11-149628,A, generating of the spike noise of outbreak nature is controlled and improving an envelope property is proposed. However, since the data-medium noise which originates in a soft magnetism substrate film although an envelope property improves becomes large by above-mentioned magnetic-recording data medium, it is not desirable. Since magnetic association of crystal grain becomes large even if it makes detailed crystal grain of a soft magnetism substrate film, this is because a magnetic cluster size (magnetic joint particle diameter) becomes large.

[0004] This invention was made in view of the above-mentioned situation, and aims at offering magnetic-recording data medium whose record playback of high density raise record reproducing characteristics and is attained, its manufacture method, and a magnetic recorder and reproducing device by reducing the data-medium noise generated from a soft

magnetism substrate film.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, this invention adopted the following configurations. A soft magnetism substrate film which consists of soft magnetic materials at least, an orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, a perpendicular magnetic film in which an easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to a substrate, and a protective coat are prepared on a nonmagnetic substrate, and magnetic-recording data medium of this invention is characterized by including a material by which said soft magnetism substrate film is expressed with the following presentations.

aFe-bCo-cM-dX1-fN (one sort or two sorts or more among [ One sort or two sorts or more, X among M=Ti, and Zr Nb, Hf, Ta, V and Mo 1= ] Cr, Ga, aluminum, Si, and nickel.) However, a, b, c, d, and f are the atomic ratios expressed with percentage, and are  $60 \leq a+b \leq 90$ ,  $30 \leq a \leq 90$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 7$ , and  $3 \leq f \leq 30$ .

A soft magnetism substrate film may contain a material expressed with the following presentations.

aFe-bCo-cM-eX2-fN (one sort or two sorts or more among [ One sort or two sorts or more, X among M=Ti, and Zr Nb, Hf, Ta, V and Mo 2= ] P, C, B, and O.) However, a, b, c, e, and f are the atomic ratios expressed with percentage, and are  $60 \leq a+b \leq 90$ ,  $30 \leq a \leq 90$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq e \leq 10$ , and  $3 \leq f \leq 30$ .

Moreover, a soft magnetism substrate film may contain a material expressed with the following presentations.

aFe-bCo-cM-dX1-eX2-fN (one sort or two sorts or more among [ One sort or two sorts or more, X among / One sort or two sorts or more, X among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo 1= / Cr, Ga, aluminum, Si and nickel 2= ] P, C, B, and O.) However, a, b, c, d, e, and f are the atomic ratios expressed with percentage, and are  $60 \leq a+b \leq 90$ ,  $30 \leq a \leq 90$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 7$ ,  $0.1 \leq e \leq 7$ , and  $3 \leq f \leq 30$ .

As for above-mentioned a-f, it is desirable that it is in the next range.  $60 \leq a+b \leq 80$ ,  $30 \leq a \leq 80$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 3$ ,  $0.1 \leq e \leq 5$ ,  $8 \leq f \leq 25$ . As for a soft magnetism substrate film, it is more desirable than a fine crystal and this fine crystal with a mean particle diameter of 13nm or less which carries out the principal component of the Fe to consider as a configuration which consists of an amorphous phase containing many M and N (one sort or two sorts or more among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo). As for a fine crystal, it is desirable to take bcc structure. It is desirable that the saturation magnetic flux density Bs of a soft magnetism substrate film carries out to more than 1T, and it is still more desirable to carry out to more than 1.4T. As for a soft magnetism substrate film, it is desirable to make product Bs-t of the thickness t of saturation magnetic flux density Bs and this soft magnetism substrate film into 50 or more T-nm, and it is still more desirable to consider as 100 or more T-nm. An orientation control film can be considered as a configuration which consists of an hcp structure material which contains one sort or two sorts or more in Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Hf more than 50%at. An orientation control film can be considered as a configuration which consists of a fcc structural material which contains one sort or two sorts or more in nickel, Cu, Pd, Ag, Pt, Ir, Au, and aluminum more than 50%at. As for a soft magnetism substrate film, it is desirable to consider as a configuration in which surface some or the surface whole surface by the side of a perpendicular magnetic film has oxidized. As for a reverse magnetic-domain nucleation magnetic field (- Hn) of a perpendicular magnetic film, it is desirable to carry out to more than 0 (Oe). A manufacture method of magnetic-recording data medium of this invention prepares a soft magnetism substrate film which consists of soft magnetic materials at least, an orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, a perpendicular magnetic film in which an easy axis mainly carried out orientation perpendicularly to a substrate, and a protective coat on a nonmagnetic substrate, and is characterize by form so that it may become a thing containing a material express with the following presentations in said soft magnetism substrate film.

aFe-bCo-cM-dX1-eX2-fN (one sort or two sorts or more among [ One sort or two sorts or more, X among / One sort or two sorts or more, X among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo 1= / Cr, Ga, aluminum, Si and nickel 2= ] P, C, B, and O.) However, a, b, c, d, e, and f are the atomic ratios expressed with percentage, and are  $60 \leq a+b \leq 90$ ,  $30 \leq a \leq 90$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 7$ ,  $0.1 \leq e \leq 7$ , and  $3 \leq f \leq 30$ .

It is more desirable than a fine crystal and this fine crystal with a mean particle diameter of 13nm or less which carries out the principal component of the Fe for a soft magnetism substrate film by manufacture method of this invention to consist of an amorphous phase containing many M and N (one sort or two sorts or more among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo). Moreover, it is desirable to make into 0.1 - 50vol% nitrogen content of membrane formation gas which forms membranes in a spatter and uses a soft magnetism substrate film by manufacture method of this invention in the case of membrane formation. Moreover, after forming a soft magnetism substrate film in this invention, it is desirable to heat-treat this soft magnetism substrate film at 250 degrees C - 450 degrees C. A magnetic recorder and reproducing device of this invention is a magnetic recorder and reproducing device which equipped magnetic-recording data medium and this magnetic-recording data medium with the magnetic head which carries out record playback of the information.

A soft magnetism substrate film with which the magnetic head is a single magnetic pole arm head, and magnetic-recording data medium consists of soft magnetic materials at least on a nonmagnetic substrate, An orientation control film which controls the stacking tendency of a film right above, a perpendicular magnetic film in which a magnetization easy film mainly carried out orientation perpendicularly to a substrate, and a protective coat are prepared, and said soft magnetism substrate film is characterized by including a material expressed with the following presentations.

$aFe-bCo-cM-dX1-eX2-fN$  (one sort or two sorts or more among [ One sort or two sorts or more, X among / One sort or two sorts or more, X among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo 1= / Cr, Ga, aluminum, Si and nickel 2= ] P, C, B, and O.) However, a, b, c, d, e, and f are the atomic ratios expressed with percentage, and are  $60 \leq a+b \leq 90$ ,  $30 \leq a \leq 90$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 7$ ,  $0.1 \leq e \leq 7$ , and  $3 \leq f \leq 30$ .

As for a soft magnetism substrate film, it is more desirable than a fine crystal and this fine crystal with a mean particle diameter of 13nm or less which carries out the principal component of the Fe that it is what consists of an amorphous phase containing many M and N (one sort or two sorts or more among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo).

[0006]

[Embodiment of the Invention] On the nonmagnetic substrate 1, sequential formation of the soft magnetism substrate film 2, the orientation control film 3, the perpendicular magnetic film 4, a protective coat 5, and the lubricating film 6 is carried out, and magnetic-recording data medium which drawing 1 shows the 1st operation gestalt of magnetic-recording data medium of this invention, and is shown here is constituted. the metal substrate which consists of metallic materials, such as aluminum and an aluminum alloy, as a nonmagnetic substrate 1 -- you may use -- glass, a ceramic, silicon, silicon carbide, and carbon -- the nonmetal substrate which consists of an etc. nonmetal material may be used. As a glass substrate, there are ARUMOFASU glass and glass ceramics and soda lime glass general-purpose as ARUMOFASU glass, alumino KETO glass, and alumino silicate glass can be used. Moreover, lithium system glass ceramics can be used as crystallization glass. The sintered compacts which use a general-purpose aluminum oxide, alumimum nitride, silicon nitride, etc. as a principal component as a ceramic substrate, these fiber strengthening objects, etc. are usable. As a nonmagnetic substrate 1, that by which the NiP film was formed in the surface of the above-mentioned metal substrate and a nonmetal substrate of plating or a spatter can also be used. Since the configuration on the surface of data medium is affected, in order to make low the magnetic-head surfacing height at the time of record playback, as for the shape of surface type of the nonmagnetic substrate 1, it is desirable to set surface average-of-roughness-height Ra of the nonmagnetic substrate 1 to 2nm or less. By setting this surface average-of-roughness-height Ra to 2nm or less, surface irregularity of magnetic-recording data medium can be made small, the magnetic-head surfacing height at the time of record playback can be made low enough, and recording density can be raised.

[0007] Since the perpendicular direction component of the magnetic flux from an arm head is enlarged and magnetization of the perpendicular magnetic film 4 is fixed in the perpendicular direction to a substrate 1, the soft magnetism substrate film 2 is formed. By magnetic-recording data medium of this operation gestalt, the soft magnetism substrate film 2 can adopt the configuration containing the material expressed with the following presentations.

$aFe-bCo-cM-dX1-fN \dots (1)$  (one sort or two sorts or more among [ One sort or two sorts or more, X among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo 1= ] Cr, Ga, aluminum, Si, and nickel.) However, a, b, c, d, and f are the atomic ratios (at%) expressed with percentage, and are  $60 \leq a+b \leq 90$ ,  $30 \leq a \leq 90$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 7$ , and  $3 \leq f \leq 30$ .

As for a-f, it is more desirable to be referred to as  $60 \leq a+b \leq 80$ ,  $30 \leq a \leq 80$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 3$ , and  $8 \leq f \leq 25$ . As for the soft magnetism substrate film 2, it is desirable that it is what uses as a principal component the material shown by the formula (1). In addition, a principal component means that the component concerned is included exceeding 50at(s)%. As an example of the material shown in a formula (1), FeHfCrN, FeHfAlN, FeHfSiN, FeHfGaN, FeHfCrAlN, FeZrCrN, FeTaCrN, FeNbCrN, FeTiCrN, and FeCoHfCrN can be mentioned.

[0008] Moreover, the soft magnetism substrate film 2 may contain the material expressed with the following presentations.

$aFe-bCo-cM-eX2-fN \dots (2)$  (one sort or two sorts or more among [ One sort or two sorts or more, X among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo 2= ] P, C, B, and O.) However, a, b, c, e, and f are the atomic ratios expressed with percentage, and are  $60 \leq a+b \leq 90$ ,  $30 \leq a \leq 90$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq e \leq 10$ , and  $3 \leq f \leq 30$ .

As for a-f, it is more desirable to be referred to as  $60 \leq a+b \leq 80$ ,  $30 \leq a \leq 80$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq e \leq 5$ , and  $8 \leq f \leq 25$ .

As for the soft magnetism substrate film 2, it is desirable that it is what uses as a principal component the material shown by the formula (2). As an example of the material shown in a formula (2), FeHfBN, FeHfCN, FeHfPN, FeHfON, FeHfBCN, FeZrBN, FeTaBN, FeNbBN, FeTiBN, and FeHfAlCON can be mentioned.

[0009] Moreover, the thing containing the material expressed with the following presentations can also be used for the soft magnetism substrate film 2.

aFe-bCo-cM-dX1-eX2-fN ... (3) (one sort or two sorts or more among [ One sort or two sorts or more, X among / One sort or two sorts or more, X among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo 1= / Cr, Ga, aluminum, Si, and nickel 2= ] P, C, B, and O.)

However, a, b, c, d, e, and f are the atomic ratios expressed with percentage, and are  $60 \leq a+b \leq 90$ ,  $30 \leq a \leq 90$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 7$ ,  $0.1 \leq e \leq 7$ , and  $3 \leq f \leq 30$ .

As for a-f, it is more desirable to be referred to as  $60 \leq a+b \leq 80$ ,  $30 \leq a \leq 80$ ,  $5 \leq c \leq 20$ ,  $0.1 \leq d \leq 3$ ,  $0.1 \leq e \leq 5$ , and  $8 \leq f \leq 25$ . As for the soft magnetism substrate film 2, it is desirable that it is what uses as a principal component the material shown by the formula (3). FeHfCrBN, FeHfAlBN, FeHfAlPN, FeHfCrAlBN, and FeHfCrBPN can be mentioned as an example of the material shown in a formula (3).

[0010] Since saturation magnetic flux density will need to become it small that the sum total (a+b) of the content of Fe and Co is under the above-mentioned range and it will be necessary to thicken the soft magnetism substrate film 2, surface average-of-roughness-height Ra becomes large. Consequently, it becomes impossible to make low enough the magnetic-head surfacing height at the time of record playback, and high recording density-ization becomes difficult. Moreover, if the sum total content of Fe and Co crosses the above-mentioned range, since sufficient low noise-ization becomes difficult, it is not desirable. since saturation magnetic flux density will need to become it small that the content (a) of Fe is under the above-mentioned range and it will be necessary to thicken the soft magnetism substrate film 2 -- surface average-of-roughness-height Ra -- it becomes large. Consequently, it becomes impossible to make low enough the magnetic-head surfacing height at the time of record playback, and high recording density-ization becomes difficult. Moreover, if the content of Fe crosses the above-mentioned range, since sufficient low noise-ization becomes difficult, it is not desirable. Since the noise reduction effect according that the content (c) of M is under the above-mentioned range to the soft magnetism substrate film 2 becomes low, it is not desirable. Moreover, if the content of M crosses the above-mentioned range, since there is a possibility that the soft magnetism substrate film 2 whole may become amorphous, and noise figure may deteriorate, it is not desirable. The diameter of crystal grain of the soft magnetism substrate film 2 becomes it easy to become large that the content (f) of N is under the above-mentioned range.

Moreover, if the content of N crosses the above-mentioned range, since the saturation magnetic flux density of the soft magnetism substrate film 2 becomes low, it is not desirable.

[0011] The effect which makes crystal grain detailed as the content (d) of X1 is under the above-mentioned range falls, the diameter of crystal grain becomes large, and a noise increases. Moreover, if the content of X1 crosses the above-mentioned range, being magnetized [ of the soft magnetism substrate film 2 ] will become easy to become inadequate. Moreover, since the data-medium noise generated from the soft magnetism substrate film 2 increases, it is not desirable. Crystal grain becomes it large that the content (e) of X2 is under the above-mentioned range, and a data-medium noise increases. If the content of X2 crosses the above-mentioned range, being magnetized [ of the soft magnetism substrate film 2 ] will become easy to become inadequate. Moreover, since the data-medium noise generated from the soft magnetism substrate film 2 increases, it is not desirable.

[0012] As for the soft magnetism substrate film 2, it is desirable to consist of a fine crystal which carries out the principal component of the Fe, and an amorphous phase which contains many M and N (one sort or two sorts or more among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo) rather than this fine crystal. In the example which drawing 2 shows an example of the soft magnetism substrate film 2 which has a fine crystal and an amorphous phase, and is shown here, the soft magnetism substrate film 2 has the structure of having amorphous phase 2b which separates much fine crystal 2a and these fine crystal 2a. The mean particle diameter of this fine crystal 2a is 13nm or less. As for this mean particle diameter, it is desirable to be referred to as 10nm or less. By making this diameter of crystal grain into this range, magnetic KURAI star size in the soft magnetism substrate film 2 and the perpendicular magnetic film 4 can be made small, a data-medium noise can be reduced, and record reproducing characteristics can be raised.

[0013] It can ask for the mean particle diameter of fine crystal 2a from the observation image by the transmission electron microscope (TEM). That is, by processing on a computer the image of fine crystal 2a observed by TEM, it changes into the circle of the same area as this fine crystal 2a, and let this diameter of circle be the particle size of that fine crystal 2a. It asks for particle size about two or more fine crystal 2a in the same procedure, and let the average of the particle size of fine crystal 2a of these plurality be mean particle diameter. It is suitable for the number of fine crystal 2a set as the object of particle-size measurement to carry out to 100 (500 or more [ Preferably ]) or more.

[0014] As for fine crystal 2a, it is desirable to take bcc structure. When fine crystal 2a takes bcc structure, it is because saturation magnetic flux density can be raised effectively. Moreover, in fine crystal 2a, it is desirable that the field is carrying out priority orientation (110). The crystal structure and an orientation side can be distinguished with an X-ray diffraction method (XRD).

[0015] As for the saturation magnetic flux density Bs of the soft magnetism substrate film 2, it is desirable that it is

more than 1T (T or more [ T or more / Preferably 1.4 / still more preferably 1.6 ]). Since it will be necessary to carry out thickness of the soft magnetism substrate film 2 to saturation magnetic flux density Bs being under the above-mentioned range thickly, and surface average-of-roughness-height Ra becomes large or productivity gets worse, it is not desirable. [0016] As for product Bs-t of the saturation magnetic flux density Bs of the soft magnetism substrate film 2, and the thickness t of the soft magnetism substrate film 2, it is desirable that they are 50 or more (preferably 100 or more T-nm) T-nm. Since it becomes that in which a playback wave has the so-called not a square wave but distortion as this Bs-t is less than 50 T-nm and record reproducing characteristics get worse, it is not desirable.

[0017] The soft magnetism substrate film 2 can be considered as the configuration in which surface some or the surface (field by the side of the perpendicular magnetic film 4) whole surface has oxidized. As for the thickness of this oxidation portion (oxidizing zone), it is desirable that it is 3nm or less (preferably 2.5nm or less, more preferably 2nm or less). If the thickness of this oxidation portion exceeds 3nm, it is not desirable in order to disturb the orientation of the orientation control film 3 prepared on this and to cause deterioration of record reproducing characteristics. Moreover, if this thickness exceeds 3nm, scaling of the soft magnetism substrate film 2 will become superfluous, and surface average-of-roughness-height Ra will become large (for example, it becomes a value exceeding 2nm). Consequently, it becomes impossible to make low enough the magnetic-head surfacing height at the time of record playback, and high recording density-ization becomes difficult. The condition that the soft magnetism substrate film 2 oxidized can be checked by Auger electron spectroscopy, the SIMS method, etc. Moreover, it can ask for the thickness of the oxidation portion (oxidizing zone) of the soft magnetism substrate film 2 surface with the transmission electron microscope (TEM) photograph of for example, a data-medium cross section.

[0018] As for the coercive force Hc of the soft magnetism substrate film 2, it is desirable to carry out to below 100 (Oe) (preferably below 30 (Oe) still more preferably below 10 (Oe)). If this coercive force Hc crosses the above-mentioned range, since a soft magnetism property becomes inadequate and it becomes that in which a playback wave has the so-called not a square wave but distortion, it is not desirable. Moreover, as for the maximum permeability of the soft magnetism substrate film 2, it is desirable to be referred to as 1000-1 million (preferably 100000-500000). Writing in to magnetic-recording data medium becomes that the maximum permeability is under the above-mentioned range inadequate at the time of record, and there is a possibility that sufficient record reproducing characteristics cannot be acquired. In addition, permeability is the value expressed with the system of CGS units.

[0019] Since the shape of surface type of the soft magnetism substrate film 2 affects the configuration of the magnetic-recording data-medium surface, it is desirable to set the surface average-of-roughness-height Ra to 2nm or less. By making surface average-of-roughness-height Ra into this range, surface irregularity of magnetic-recording data medium can be made small, the magnetic-head surfacing height at the time of record playback can be made low enough, and recording density can be raised.

[0020] The orientation control film 3 is for controlling the stacking tendency and the diameter of crystal grain of the perpendicular magnetic film 4. As for the orientation control film 3, it is desirable that a surface side (perpendicular magnetic film 4 side) is what takes hcp structure or fcc structure at least. As an hcp structure material used for the orientation control film 3, what contains one sort or two sorts or more 50 or more ats among Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Hf can be mentioned. inside -- the inside of Hf and Ru -- either -- more than 50at% -- when the alloy to contain is used, since the data-medium noise generated from the perpendicular magnetic film 4 can be reduced and high recording density-ization is attained, it is desirable. When Ru is used especially, since the perpendicular stacking tendency of the perpendicular magnetic film 4 can be raised, it is desirable. As an hcp structure material, the alloy which added Co, Cr, Fe, nickel, etc. into the above-mentioned material (one sort or two sorts or more among Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Hf) can be used in consideration of the adjustment of the grid to the perpendicular magnetic film 4. Moreover, since crystal grain is made detailed, the alloy which added C, O, N, Si, B, and P can also be used for the above-mentioned material (one sort or two sorts or more among Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Hf). Ru, RuCr, and Hf, HfB and Re can be mentioned as an example of the hcp structure material used suitable for the orientation control film 3.

[0021] It is desirable to use what contains one sort or two sorts or more 50 or more ats among nickel, Cu, Pd, Ag, Pt, Ir, Au, and aluminum as a fcc structural material used for the orientation control film 3. When nickel is used even especially in inside, since the perpendicular stacking tendency of the perpendicular magnetic film 4 can be raised, it is desirable. Moreover, as a fcc structural material, the alloy which added Co, Cr, Fe, nickel, etc. into the above-mentioned material (one sort or two sorts or more among nickel, Cu, Pd, Ag, Pt, Ir, Au, and aluminum) can be used in consideration of the adjustment of the grid to the perpendicular magnetic film 4. Moreover, since crystal grain is made detailed, the alloy which added C, O, N, Si, B, and P can also be used for the above-mentioned material (one sort or two sorts or more among nickel, Cu, Pd, Ag, Pt, Ir, Au, and aluminum). nickel, NiCrN, and Cu and PdB can be mentioned as

an example of the fcc structural material used suitable for the orientation control film 3.

[0022] As for the thickness of the orientation control film 3, it is desirable to be referred to as 1-50nm (preferably 2-30nm, still more preferably 2-20nm). A perpendicular stacking tendency [ in / that this thickness is under the above-mentioned range / the perpendicular magnetic film 4 ] falls, and record reproducing characteristics and heat fluctuation resistance deteriorate. Moreover, if this thickness crosses the above-mentioned range, in the perpendicular magnetic film 4, a crystal grain child will make it big and rough, and record reproducing characteristics will get worse. Moreover, since the distance of the magnetic head and the soft magnetism substrate film 2 at the time of record reproducing characteristics becomes large, the resolution of a regenerative signal falls.

[0023] The easy axis consists of a magnetic material which mainly carried out orientation perpendicularly to the substrate, and, as for the perpendicular magnetic film 4, it is desirable as the material to use the alloy of CoCrX3 system, a CoCrPt system, a CoCrTa system, CoCrPtX3 system, and CoPtX3 system (one sort or two sorts or more among [ Xthree: ] Ta, Zr, Nb, Cu, Re, nickel, Mn, germanium, Si, O, N, and B). In order to raise the perpendicular magnetic anisotropy of the perpendicular magnetic film 4 especially, it is desirable to use that whose Pt content is 8 - 24at% with the alloy of CoCrPtX3 system and CoPtX3 system. Moreover, when Pt content is made into 14 - 22at%, since the heat fluctuation property of could make certainly the reverse magnetic-domain nucleation magnetic field (- Hn) or more into zero, and having excelled can be acquired, it is desirable. Moreover, the structure which carried out the laminating of transition-metals materials (Co, Co alloy, Fe, Fe alloy, etc.) and the noble-metals material (Pd, Pd alloy, Pt, Pt alloy) over many times is employable as the perpendicular magnetic film 4. For example, the structure which carried out the laminating of the layer which consists of Co, CoX4, Fe, or FeX4, and the layer which consists of Pd, PdX4, Pt, or PtX4 (one sort or two sorts or more among [ Xfour: ] Cr, Pt, Ta, B, O, Ru, and Si) over many times is employable. Although each of alloys of the above-mentioned CoCr system, a CoCrPt system, a CoCrTa system, CoCrPtX3 system, and CoPtX3 system and laminated-structure film materials takes polycrystal structure, they can also apply the perpendicular magnetic film of amorphous structure by magnetic-recording data medium of this invention. As a material which takes amorphous structure, the alloys (TbFeCo system alloy etc.) containing rare earth elements can be used.

[0024] It is suitable for the reverse magnetic-domain nucleation magnetic field (-Hn) of the perpendicular magnetic film 4 to carry out to more than 0 (Oe) (preferably more than 1000 (Oe)). Heat fluctuation resistance falls that this reverse magnetic-domain nucleation magnetic field (- Hn) is under this range. As shown in drawing 3, a reverse magnetic-domain nucleation magnetic field (- Hn) is the process in which an external magnetic field is decreased in a hysteresis curve (MH curve) from the condition with which magnetization was saturated, and it can express with the distance (Oe) to the point b of starting flux reversal from the point a that an external magnetic field is set to 0. In addition, a reverse magnetic-domain nucleation magnetic field (- Hn) takes a positive value, when an external magnetic field has the point b of starting flux reversal in the field used as negative (see drawing 3), and when an external magnetic field has Point b in reverse to the field used as positive, it takes a negative value (see drawing 4). In order to remove the effect of the soft magnetism substrate film 2 in measurement of a reverse magnetic-domain nucleation magnetic field (- Hn), it is suitable for it to measure about this disk using an oscillating-type magnetic-properties measuring device or a Kerr effect measuring device using the disk which consists only of a substrate 1, the orientation control film 3, a perpendicular magnetic film 4, and a protective coat 5. Moreover, a reverse magnetic-domain nucleation magnetic field (- Hn) can also be measured with an oscillating-type magnetic-properties measuring device or a Kerr effect measuring device, using magnetic-recording data medium as it is.

[0025] The perpendicular magnetic film 4 can also be made into the multilayer structure which consists of two or more layers from which a component presentation and the crystal structure differ. For example, it consists of an interlayer formed between two or more magnetic layers and each magnetic layer, and can consider as the configuration whose interlayer of this takes hcp structure or fcc structure. The magnetic layer of these plurality may be mutually the same in respect of a component presentation or the crystal structure, and may differ mutually. If the adjustment of the grid to a magnetic layer is taken into consideration as an interlayer's material To Ru (or Re), Co, Cr, Fe, nickel, C, O, N, Si, The alloy which added Co, Cr, Fe, C, O, N, Si, B, etc. to alloy;nickel which added B etc.; alloy;nickel which added Fe, nickel, C, O, N, Si, B, etc. can be used for alloy;CoCr which added Cr, Fe, nickel, C, O, N, Si, B, etc. to Co.

[0026] As for the coercive force Hc of the perpendicular magnetic film 4, it is desirable to carry out to more than 3000 (Oe). Since a recording characteristic and a heat fluctuation property deteriorate that coercive force Hc is under this range, it is not desirable.

[0027] In the perpendicular magnetic film 4, it is desirable that the mean particle diameter of crystal grain is 4-15nm. A coercive force fall and heat fluctuation property deterioration become it easy to take place that this mean particle diameter is under this range. If mean particle diameter crosses the above-mentioned range, a data-medium noise will increase. It can ask for the mean particle diameter of crystal grain like the mean particle diameter of fine crystal 2a in

the above-mentioned soft magnetism substrate film 2.

[0028] As for the thickness of the perpendicular magnetic film 4, it is desirable to be referred to as 5-50nm (especially 7-30nm). When this thickness is under the above-mentioned range, the crystal orientation of the perpendicular magnetic film 4 becomes easy to become inadequate, and record reproducing characteristics deteriorate. Moreover, if thickness crosses the above-mentioned range, big and rough-ization of crystal grain will become easy to take place, a noise will increase, and record reproducing characteristics will deteriorate.

[0029] A protective coat 5 is for preventing damage on the surface of data medium, when the magnetic head contacts data medium, and securing the lubricating properties between the magnetic head and data medium while preventing the corrosion of the perpendicular magnetic film 4. It is possible to use a well-known material for a protective coat 5 conventionally, for example, what makes a principal component the single presentation of C, SiO<sub>2</sub>, and ZrO<sub>2</sub> or these, and contains other elements is usable. As for the thickness of a protective coat 5, it is desirable to be referred to as 1-10nm.

[0030] Well-known lubricant, such as a perfluoro polyether, fluorination alcohol, and a fluorination carboxylic acid, can be used for lubricating film 6. The class and thickness can be suitably set up according to the property of the protective coat used or lubricant.

[0031] In order to manufacture magnetic-recording data medium of the above-mentioned configuration, on the substrate 1 shown in drawing 1, the soft magnetism substrate film 2 is formed by a spatter etc., oxidation treatment is performed to the surface of this soft magnetism substrate film 2 if needed, and, subsequently the orientation control film 3 and the perpendicular magnetic film 4 are formed by a spatter etc. one by one. Subsequently, after forming a protective coat 5 by the spatter, a CVD method, the ion beam method, etc., lubricating film 6 is formed with a DIP coating method, a spin coat method, etc.

[0032] In case the soft magnetism substrate film 2 is formed, the spatter using the target which consists of a material excluding N from the material shown in above-mentioned formula (1) - (3) can be adopted, and the method of making the membrane formation gas used at the time of membrane formation containing nitrogen can be taken. As for the nitrogen content of this membrane formation gas, considering as 0.1 - 50vol% is desirable. As this nitrogen content membrane formation gas, the mixed gas which consists of nitrogen and an argon can be used. The soft magnetism substrate film 2 can be formed now in homogeneity by using the membrane formation gas containing nitrogen.

[0033] When performing oxidation treatment to the surface of the soft magnetism substrate film 2, after forming the soft magnetism substrate film 2, the method of putting the soft magnetism substrate film 2 to oxygen content gas and the method of introducing oxygen into the gas for membrane formation at the time of forming the soft magnetism substrate film 2 can be taken. When putting the surface of the soft magnetism substrate film 2 to oxygen content gas, the method of contacting the soft magnetism substrate film 2 into the dilution gas which diluted oxygen with an argon or nitrogen, or pure oxygen about 0.3 to 20 seconds can be taken. Moreover, the method of putting the soft magnetism substrate film 2 to atmospheric air can also be taken. Since accommodation of the degree of oxidation of the soft magnetism substrate film 2 surface becomes easy by choosing the dilution ratio of oxygen in using the dilution gas which diluted oxygen with gas, such as an argon and nitrogen, especially, a desired oxidation state can be acquired. Moreover, what is necessary is just to carry out a spatter using the process gas containing oxygen (or all processes) to a part of membrane formation process, if it uses a spatter as for example, a forming-membranes method in introducing oxygen into the gas for membrane formation of the soft magnetism substrate film 2. As this process gas, the gas which carried out degree mixing of the oxygen 0.05% to 50% (preferably 0.1 - 20%) at the rate of volume is suitably used for an argon, for example. By scaling of this soft magnetism substrate film 2, the magnetic fluctuation of the surface of the soft magnetism substrate film 2 is suppressed, while preventing noise generating resulting from this fluctuation, crystal grain of the orientation control film 3 formed on the soft magnetism substrate film 2 can be made detailed, and the improvement effect of noise figure and record reproducing characteristics can be acquired. Moreover, it can prevent the material of the nonmagnetic substrate 1 or the soft magnetism substrate film 2 ionizing, and moving to the data-medium surface by the oxidation portion (oxidizing zone) of the soft magnetism substrate film 2 surface, and the corrosion on the surface of data medium can be prevented.

[0034] In having fine crystal 2a and amorphous phase 2b for the soft magnetism substrate film 2, after forming the soft magnetism substrate film 2, by performing heat treatment (annealing treatment), a boundary can form clear fine crystal 2a and amorphous phase 2b, a noise can be reduced, and it can raise record reproducing characteristics further. The temperature conditions of annealing treatment are made into 250 degrees C - 450 degrees C. The data-medium noise reduction effect becomes it low that this annealing treatment temperature is less than 250 degrees C. Moreover, if annealing treatment temperature exceeds 450 degrees C, since the crystal of fine crystal 2a makes it big and rough and the noise reduction effect becomes low, it is not desirable. Although especially the time amount of annealing treatment

is not restricted, it is desirable to consider as 2 - 50 seconds (still more preferably 2 - 20 seconds). Although especially annealing treatment Ushiro's cooldown delay is not restricted, considering productivity, it is desirable to consider as 50 or less (preferably 20 or less seconds) seconds.

[0035] In case the orientation control film 3 is formed, an oxide film or a nitride may be formed in the surface of the orientation control film 3 by introducing oxygen and nitrogen into membrane formation gas. If a spatter is used as a forming-membranes method, in case near the surface of the orientation control film 3 will be formed, for example, as process gas The above-mentioned oxide film or a nitride can be formed by using for an argon the gas which carried out degree mixing of the oxygen 0.05 to 50% (preferably 0.1 - 20%) at the rate of volume, and the gas which carried out degree mixing of the nitrogen 0.01 to 20% (preferably 0.02 - 10%) at the rate of volume at the argon.

[0036] When making the perpendicular magnetic film 4 into monolayer structure, the perpendicular magnetic film 4 can be formed using the target which consists of a material which constitutes this perpendicular magnetic film 4. In making the perpendicular magnetic film 4 into the multilayer structure which consists of a transition-metals layer and a noble-metals layer, the 1st target which consists of transition metals (Co, Co alloy), and the 2nd target which consists of noble metals (Pt, Pd, etc.) are used by turns, and it constitutes the perpendicular magnetic film 4 by carrying out the spatter of the material of each target by turns.

[0037] The spatter using the carbon target as the formation method of a protective coat 5, and a CVD method and the ion beam method can be used. Moreover, the method of forming the protective coat 5 which consists of SiO<sub>2</sub> or ZrO<sub>2</sub> by the reactant spatter using the gas which contains oxygen as process gas etc. is applicable using the target of RF spatter using the target of SiO<sub>2</sub> or ZrO<sub>2</sub> or Si, or Zr. When using a CVD method and the ion beam method, the protective coat 5 with a very high degree of hardness can be formed, since it becomes possible to make a protective coat 5 thinner than a spatter sharply, the spacing loss at the time of record playback can be made small, and record playback of high density can be performed.

[0038] Since either is used among what is expressed with magnetic-recording data medium of this operation gestalt with the presentation shown below as a material of the soft magnetism substrate film 2, record reproducing characteristics can be raised.

aFe-bCo-cM-dX1-fN (... 1) (60 <=a+b<=90, 30<=a<=90, 5<=c<=20, 0.1<=d<=7, 3<=f<=30)

aFe-bCo-cM-eX2-fN (... 2) (60 <=a+b<=90, 30<=a<=90, 5<=c<=20, 0.1<=e<=10, 3<=f<=30)

aFe-bCo-cM-dX1-eX2-fN (... 3) (60 <=a+b<=90, 30<=a<=90, 5<=c<=20, 0.1<=d<=7, 0.1<=e<=7, 3<=f<=30)

[0039] By using the above-mentioned material shows below the reason which can raise record reproducing characteristics. Since there is an effect which makes crystal grain detailed in Fe alloy film in nitrogen, noise reduction can be aimed at by addition of nitrogen. Furthermore, a FeN alloy can be made to generate the compound which M and N combined by adding M (one sort or two sorts or more among Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, V, and Mo). Since it is easy to segregate the compound containing this M and N to a grain boundary, by addition of M, it can promote formation of a grain boundary, can isolate crystal grain, and can stop a noise low further. Moreover, X1 (one sort or two sorts or more among Cr, Ga, aluminum, Si, and nickel) dissolves to Fe, and has the property to suppress Fe alloy crystal growth. For this reason, in the soft magnetism substrate film 2, superfluous crystal growth can be prevented by addition of X1. Therefore, big and rough-ization of crystal grain can be prevented, and noise reduction can be aimed at. Moreover, it is easy to segregate X2 (P, C, B, O) to a grain boundary field, and since there is a property which carries out covalent bond to Fe or M in a grain boundary, it can make the grain boundary containing the above-mentioned covalent-bond nature compound form by addition of X2. For this reason, while width of face forms a large and stable grain boundary, superfluous crystal growth can be controlled. therefore, crystal grain -- detailed-izing -- you make it isolated and the further noise control is attained. Although there is at least the one data-medium noise reduction effect of X1 and X2, the data-medium noise reduction effect of having excelled further can be acquired by adding these both sides. While making small the diameter of crystal grain in the soft magnetism substrate film 2 by using the above-mentioned material for the above reason, crystal grain can be isolated and the noise resulting from the soft magnetism substrate film 2 can be reduced. Moreover, since crystal grain can be isolated, the magnetic interaction between these crystal grain can be controlled. For this reason, the magnetic cluster size in the soft magnetism substrate film 2 can be made small, and the noise based on this magnetic cluster can be stopped.

[0040] Moreover, in the soft magnetism substrate film 2, detailed-izing of crystal grain and isolation can be attained also in the orientation control film 3 and the perpendicular magnetic film 4 which grow crystal grain under the effect of the soft magnetism substrate film 2 since it can be isolated, detailed-izing and. For this reason, further data-medium noise reduction can be aimed at. Moreover, by above-mentioned magnetic-recording data medium, the closed magnetic circuit where the magnetic flux from the magnetic head results again through the perpendicular magnetic film 4 and the soft magnetism substrate film 2 at the magnetic head at the time of record playback is formed. Thus, since the soft

magnetism substrate film 2 and the perpendicular magnetic film 4 are magnetized by common magnetic flux, the magnetic cluster size of the perpendicular magnetic film 4 comes to be influenced by the magnetic cluster size of the soft magnetism substrate film 2. For this reason, the magnetic cluster size of the perpendicular magnetic film 4 becomes small like the magnetic cluster size of the soft magnetism substrate film 2.

[0041] As mentioned above, by magnetic-recording data medium of this operation gestalt, in the soft magnetism substrate film 2 and the perpendicular magnetic film 4, the diameter of crystal grain and a magnetic cluster size are made small, record reproducing characteristics are raised, and record playback of the information on high density is attained. In addition, it can ask for a magnetic cluster size under the force microscope (MFM) between MAG. That is, after carrying out alternating current demagnetization of data medium of the phase in which the soft magnetism substrate film 2 was formed, a magnetization condition can be measured by MFM and the diameter of the ensemble of magnetization who is suitable in the mutual almost same direction can be made into magnetic KURAI star size.

[0042] Moreover, by magnetic-recording data medium of this operation gestalt, since the material shown in the soft magnetism substrate film 2 at above-mentioned formula (1) - (3) is used, sufficient magnetization can be obtained in the soft magnetism substrate film 2. For this reason, it is not necessary to form the soft magnetism substrate film 2 in excessive thickness, and the fall of productivity can be prevented. Moreover, surface roughness of the soft magnetism substrate film 2 can be made small, and deterioration of a glide height property can be prevented.

[0043] The soft magnetism substrate film 2 moreover, by consisting of fine crystal 2a and amorphous phase 2b which contains many M and N (one sort or two sorts or more among M=Ti, and Zr, Nb, Hf, Ta, V and Mo) rather than fine crystal 2a Widely, width of face forms stable amorphous phase 2b, suppresses the magnetic interaction between fine crystal 2a, can make magnetic KURAI star size small, and can make a data-medium noise small. The compound which M and N combined is formed and it is considered to be for this compound to segregate to amorphous phase 2b that amorphous phase 2b will become broad and stable.

[0044] By the manufacture method of magnetic-recording data medium of this operation gestalt, since the material shown in the soft magnetism substrate film 2 at above-mentioned formula (1) - (3) is used, the diameter of crystal grain in the soft magnetism substrate film 2 and the perpendicular magnetic film 4 can be made small, and the noise resulting from the soft magnetism substrate film 2 and the perpendicular magnetic film 4 can be reduced. Moreover, the magnetic cluster size of the soft magnetism substrate film 2 and the perpendicular magnetic film 4 can be made small, and the noise based on this magnetic cluster can be stopped. Therefore, record reproducing characteristics are raised and record playback of the information on high density is attained.

[0045] Drawing 5 shows the 2nd operation gestalt of magnetic-recording data medium of this invention. By this magnetic-recording data medium, it differs from magnetic-recording data medium of the operation gestalt of the above 1st in that the orientation control substrate film 7 is formed between the soft magnetism substrate film 2 and the orientation control film 3. The material which uses one sort or two sorts or more in Ti, Zn, Y, Zr, Ru, Re, Gd, Tb, and Hf as a principal component can be used for the orientation control substrate film 7. Moreover, the material which makes B-2 structure can also be used as a material of the orientation control substrate film 7. As a material which makes B-2 structure, what uses one sort or two sorts or more of alloys as a principal component among NiAl, FeAl, CoFe, CoZr, NiTi, AlCo, AlRu, and CoTi can be used. Moreover, the material which added elements, such as Cr, Mo, Si, Mn, W, Nb, Ti, Zr, B, O, and N, can also be used for these alloys. As for the thickness of the orientation control substrate film 7, it is desirable to be referred to as 30nm or less. If this thickness crosses the above-mentioned range, since the distance of the perpendicular magnetic film 4 and the soft magnetism substrate film 2 becomes large, resolution and noise figure will deteriorate. As for the thickness of the orientation control substrate film 7, it is desirable to be referred to as 0.1nm or more.

[0046] Drawing 6 shows the 3rd operation gestalt of magnetic-recording data medium of this invention. By this magnetic-recording data medium, it differs from magnetic-recording data medium of the 1st operation gestalt shown in drawing 1 in that the nonmagnetic interlayer 8 which consists of a non-magnetic material is formed between the orientation control film 3 and the perpendicular magnetic film 4. It is desirable to use for the nonmagnetic interlayer 8 the non-magnetic material which takes hcp structure. As this material, it is suitable to use a CoCr alloy, CoCrX5 alloy, and CoX5 alloy (for X5 to be one sort or two sorts or more in Pt, Ta, Zr, Ru, Nb, Cu, Re, nickel, Mn, germanium, Si, O, N, and B). record by the aggravation of record reproducing characteristics and the distance of the magnetic head and the soft magnetism substrate film 2 by big-and-rough-izing of a magnetic grain becoming large -- in order to prevent the fall of resolution, it is suitable to be referred to as 20nm or less (preferably 10nm or less). [ in / in the thickness of the nonmagnetic interlayer 8 / the perpendicular magnetic film 4 ] With this operation gestalt, by forming the nonmagnetic interlayer 8, the stacking tendency of the perpendicular magnetic film 4 is raised, coercive force Hc can be heightened and record reproducing characteristics and a heat fluctuation property can be raised further.

[0047] Drawing 7 shows the 4th operation gestalt of magnetic-recording data medium of this invention. By this magnetic-recording data medium, it differs from magnetic-recording data medium of the 1st operation gestalt shown in drawing 1 in that the hard magnetism film 9 with which the easy axis turned to field inboard, and the substrate film 10 within a field are formed between the nonmagnetic substrate 1 and the soft magnetism substrate film 2. As a material used for the hard magnetism film 9, it is suitable to use a CoCr alloy, especially CoCrX6 (one sort or two sorts or more as which X6 is chosen from among Pt, Ta, Zr, Nb, Cu, Re, nickel, Mn, germanium, Si, O, N, and B). Moreover, a CoSm alloy may be used. As for the hard magnetism film 9, it is desirable that coercive force Hc is more than 1000 (Oe) (preferably more than 2000 (Oe)). thickness of the hard magnetism film 9 is set to 10-150nm (preferably 40-80nm) -- it is desirable. In order to make it the soft magnetism substrate film 2 not form a substrate radial magnetic domain wall, as for the hard magnetism film 9, it is desirable that it is magnetized in the direction of a radial from a substrate center, and the hard magnetism film 9 and the soft magnetism substrate film 2 are carrying out switched connection. The substrate film 10 within a field is formed directly under the hard magnetism film 9, and can mention Cr or Cr alloy as the material. As an example of Cr alloy used for the substrate film 10 within a field, the alloy of a CrMo system, a CrTi system, a CrW system, a CrMo system, a CrV system, a CrSi system, and a CrNb system can be mentioned.

[0048] By forming the hard magnetism film 9, formation of the huge magnetic domain in the soft magnetism substrate film 2 can be suppressed. For this reason, a disturbance magnetic field can prevent generating of a spike noise under large environment, it excels in an error rate property, and magnetic-recording data medium in which high density record is possible can be obtained.

[0049] Drawing 8 shows the 5th operation gestalt of magnetic-recording data medium of this invention. By magnetic-recording data medium shown here, it differs from magnetic-recording data medium of the 1st operation gestalt shown in drawing 1 with the point that the magnetization stability film 11 is formed between the perpendicular magnetic film 4 and the protective coat 5. as the material of the magnetization stability film 11 -- Fe -- more than 60at% -- Fe alloy to contain can be used. As this material, FeCo system alloys (FeCo, FeCoV, etc.), FeNi system alloys (FeNi, FeNiMo, FeNiCr, FeNiSi, etc.), FeAl system alloys (FeAl, FeAlSi, FeAlSiCr, FeAlSiTiRu, etc.), FeCr system alloys (FeCr, FeCrTi, FeCrCu, etc.), FeTa system alloys (FeTa, FaTaC, etc.), a FeC system alloy, a FeN system alloy, a FeSi system alloy, a FeP system alloy, a FeNb system alloy, and a FeHf system alloy can be mentioned. The magnetization stability film 11 can be considered as the configuration which has fine crystals, such as FeAlO, FeMgO, FeTaN, and FeZrN. Moreover, a fine crystal can also consider as the granular structure distributed in the matrix. the magnetization stability film 11 -- Co -- more than 80at% -- Co alloy which contains and contains at least one or more sorts in Zr, Nb, Ta, Cr, Mo, etc. can also be used. For example, CoZr, CoZrNb, CoZrTa, CoZrCr, CoZrMo, etc. can be mentioned as a suitable thing. As for the coercive force Hc of the magnetization stability film 11, it is desirable to carry out to below 100 (Oe) (preferably below 50 (Oe)). As for the saturation magnetic flux density Bs of the magnetization stability film 11, it is desirable to carry out to more than 0.4T (T or more [ Preferably 1 ]). moreover, saturation-magnetic-flux-density thickness product Bs-t of the magnetization stability film 11 is 7.2 or less T-nm -- it is desirable. Since a playback output will decline if this Bs-t crosses the above-mentioned range, it is not desirable. Moreover, as for the maximum permeability of the magnetization stability film 11, it is desirable to be referred to as 1000-1 million (preferably 10000-500000). A component can consider the magnetization stability film 11 as the configuration which oxidized partially or completely. That is, in the surface (field by the side of a protective coat 5 or the perpendicular magnetic film 4) of the magnetization stability film 11, and its near, it can consider as the configuration in which the component oxidized partially or on the whole.

[0050] With this operation gestalt, improvement in a heat fluctuation property and increase of a playback output can be aimed at by forming the magnetization stability film 11. It is thought that a playback output increases because leakage flux stops influencing of fluctuation since fluctuation of the magnetization in the surface of the perpendicular magnetic film 4 is suppressed with the magnetization stability film 11. With the magnetization stability film 11, magnetization of the perpendicular direction of the perpendicular magnetic film 4 and magnetization of the field inboard of the soft magnetism substrate film 2 and the magnetization stability film 11 come to form a closed magnetic circuit, and it is considered to be because for magnetization of the perpendicular magnetic film 4 to be fixed perpendicularly more firmly that a heat fluctuation property improves. Moreover, since the magnetic fluctuation of the surface of the magnetization stability film 11 can be suppressed when considering as the configuration in which the surface of the magnetization stability film 11 oxidized, the noise resulting from this magnetic fluctuation can be reduced, and the record reproducing characteristics of magnetic-recording data medium can be improved.

[0051] Drawing 9 is the block diagram showing an example of the magnetic recorder and reproducing device concerning this invention. The magnetic recorder and reproducing device shown in this drawing is equipped with the data-medium mechanical component 21 which carries out the rotation drive of magnetic-recording data medium 20 and

this magnetic-recording data medium 20 of the above-mentioned configuration, the magnetic head 22 which performs informational record playback to magnetic-recording data medium 20, the head mechanical component 23 which makes the magnetic head 22 drive, and the record regenerative-signal processor 24. The record regenerative-signal system 24 processes the inputted data, a record signal can be sent to the magnetic head 22, or can process the regenerative signal from the magnetic head 22, and can output data now.

[0052] A single magnetic pole arm head can be used as the magnetic head 22. Drawing 10 shows an example of a single magnetic pole arm head, and the outline configuration of the single magnetic pole arm head 22 is carried out from the magnetic pole 25 and the coil 26. A magnetic pole 25 is formed in the shape of [ which has the main pole 27 with narrow width of face, and the broad auxiliary magnetic pole 28 ] a side view abbreviation KO character, and the main pole 27 can generate the magnetic field impressed to the perpendicular magnetic film 4 at the time of record, and it can detect now the magnetic flux from the perpendicular magnetic film 4 at the time of playback.

[0053] In case record to magnetic-recording data medium 20 is performed using the single magnetic pole arm head 22, the magnetic flux emitted from the tip of the main pole 27 makes the perpendicular magnetic film 4 magnetize in the almost perpendicular direction to a substrate 1. Under the present circumstances, since the soft magnetism substrate film 2 is formed in magnetic-recording data medium 20, the magnetic flux from the main pole 27 of the single magnetic pole arm head 22 forms the closed magnetic circuit which results in the auxiliary magnetic pole 28 through the perpendicular magnetic film 4 and the soft magnetism substrate film 2. By forming this closed magnetic circuit between the single magnetic pole arm head 22 and magnetic-recording data medium 20, record playback of the increase of the effectiveness of receipts and payments of magnetic flux and high density is attained. In addition, although the magnetic flux between the main pole 27 and the soft magnetism substrate film 2 becomes the reverse sense in the magnetic flux between the soft magnetism substrate film 2 and the auxiliary magnetic pole 28, since it is fully large compared with the main pole 27, the flux density from the auxiliary magnetic pole 28 becomes small enough, and, as for the area of the auxiliary magnetic pole 28, magnetization of the perpendicular magnetic film 4 is not influenced by the magnetic flux from this auxiliary magnetic pole 28. Moreover, in this invention, the compound-die thin film magnetic-recording arm head which equipped with the huge magnetic-reluctance (GMR) element, the things, for example, the playback section, other than a single magnetic pole arm head, can also be used as the magnetic head.

[0054] Since the material shown in the soft magnetism substrate film 2 of magnetic-recording data medium 20 at above-mentioned formula (1) - (3) is used for the magnetic recorder and reproducing device of this operation gestalt, it can be isolated and it can reduce detailed-izing and the noise resulting from the soft magnetism substrate film 2 for the crystal grain in the soft magnetism substrate film 2. Moreover, the magnetic cluster size in the soft magnetism substrate film 2 can be made small, and the magnetic cluster size in the perpendicular magnetic film 4 can be made small by this. For this reason, the noise based on this magnetic cluster can be stopped. Therefore, record reproducing characteristics are raised and record playback of the information on high density is attained.

[0055]

[Example] Hereafter, an example is shown and the operation effect of this invention is clarified. However, this invention is not limited to the following examples.

The glass substrate [ finishing / washing ] 1 (made in Ohara, outer diameter of 2.5 inches) is held in the membrane formation chamber of DC magnetron sputtering equipment (product C-3010 made from Anelva). (Example 1) After exhausting the inside of a membrane formation chamber until it became a  $1 \times 10^{-5}$  Pa ultimate vacuum, the soft magnetism substrate film 2 (100nm in thickness) was formed in an argon and nitrogen mixed gas (nitrogen content 5vol%) on this glass substrate using the target which consists of 84Fe-13Hf-3Cr. Subsequently, heat treatment for 10 seconds (annealing treatment) was performed to the soft magnetism substrate film 2 on 350-degree C conditions. When the presentation of the soft magnetism substrate film 2 was measured using Auger electron spectroscopy (AES), it was checked that it is 75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N. Moreover, when this soft magnetism substrate film 2 was observed using the transmission electron microscope (TEM), this soft magnetism substrate film 2 has the structure where much fine crystal 2a was separated with amorphous phase 2b, and it was checked that the mean particle diameter of this fine crystal 2a is 10nm. Moreover, the saturation magnetic flux density Bs of the soft magnetism substrate film 2 is 1.5T, and measurement by the oscillating-type magnetic-properties measuring device (VSM) showed that Bs-t was 150 T-nm. Subsequently, sequential formation of the orientation control film 3 which consists of an orientation control substrate film 7 (8nm in thickness) which consists of 50nickel-50aluminum on the soft magnetism substrate film 2, and an orientation control film 3 (10nm in thickness) which consists of Ru on 200-degree C conditions was carried out. Subsequently, the perpendicular magnetic film 4 (25nm in thickness) which consists of a 65Co-17Cr-16Pt-2B was formed. As a result of observing the perpendicular magnetic film 4 using TEM, it became clear that the diameter of average crystal grain is 9nm. Moreover, when the static magnetism property of the perpendicular magnetic film 4 was

investigated using the Kerr effect measuring device, the 4570(Oe) reverse magnetic-domain nucleation magnetic field (-Hn) of coercive force was 750 (Oe). Moreover, when forming the soft magnetism substrate film 2, the orientation control film 3, and the perpendicular magnetic film 4, the pressure was set as 0.5Pa, using an argon as process gas for membrane formation. Subsequently, the protective coat 5 (5nm in thickness) was formed with the CVD method.

Subsequently, the lubricating film 6 which consists of a perfluoro polyether with a DIP coating method was formed, and magnetic-recording data medium was obtained. In addition, in the publication of the above-mentioned charge of an alloy, aA-bB shows a(at%) A-b(at%) B. For example, 65Co(es)-17Cr-16Pt-2B means 65at%Co-17at%Cr-16at%Pt-2at% B (Co content 65at% and Cr content 17at% and Pt content 16at% and B content 2at%).

[0056] (Examples 2-15) Except carrying out as the presentation of the soft magnetism substrate film 2 is shown in a table 1, magnetic-recording data medium was produced according to the example 1 (see the table 1).

[0057] (Examples 1-6 of a comparison) Except carrying out as the presentation of the soft magnetism substrate film 2 is shown in a table 1, magnetic-recording data medium was produced according to the example 1 (see the table 1).

[0058] Record reproducing characteristics were evaluated about magnetic-recording data medium of these examples and the example of a comparison. Evaluation of record reproducing characteristics was measured using the read/write analyzer RWA1632 made from GUZIK, and spin stand S1701MP. In evaluation of record reproducing characteristics, it measured in track-recording-density 600kFCI using the single magnetic pole arm head for vertical recording as the magnetic head. A test result is shown in a table 1.

[0059]

[A table 1]

	軟磁性下地膜 組成	配向制御 下地膜 組成		配向 制御膜 組成		垂直磁性膜 組成		記録再 生特性 Eラ-レト 10-X
		組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	
実施例1	75Fe-11. 6Hf-2. 4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6. 5
実施例2	75. 2Fe-12. 4Hf-0. 2Cr-12. 2N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6. 0
実施例3	72. 6Fe-9. 8Hf-6. 5Cr-11. 1N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6. 1
実施例4	74. 9Fe-10. 4Hf-2. 4Al-12. 3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6. 3
実施例5	74. 1Fe-9. 8Hf-2. 8Si-13. 3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6. 1
実施例6	73. 2Fe-11Hf-3. 2Ga-12. 4N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6. 3
実施例7	74. 5Fe-11. 6Hf-1. 5Cr-0. 8Al-11. 6N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6. 5
実施例8	75. 3Fe-8. 6Zr-2. 4Cr-13. 7N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6. 4
実施例9	72. 5Fe-10. 6Ta-2. 1Cr-14. 8N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6. 4
実施例10	72. 2Fe-12. 1Nb-2. 9Cr-12. 8N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6. 2
実施例11	73. 2Fe-11. 2Ti-2. 2Cr-13. 4N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5. 9
実施例12	75. 4Fe-5. 4Hf-2. 4Cr-16. 8N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5. 9
実施例13	76. 6Fe-17. 6Hf-2. 4Cr-3. 4N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5. 9
実施例14	63Fe-6. 6Hf-1. 1Cr-29. 3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5. 8
実施例15	37Fe-32Co-14. 6Hf-2. 9Cr-13. 5N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6. 3
比較例1	76Fe-12. 3Hf-11. 7N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-4. 2
比較例2	68Fe-11. 2Hf-7. 8Cr-13N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5. 3
比較例3	55Fe-17. 8Hf-4. 2Cr-23N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5. 1
比較例4	64Fe-21. 5Hf-3. 7Cr-10. 8N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5. 2
比較例5	84Fe-13Hf-3Cr	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-4. 2
比較例6	60Fe-8. 3Hf-0. 5Cr-31. 2N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-4. 9

(厚さの単位はnm)

[0060] A table 1 shows that outstanding record reproducing characteristics were shown compared with the example of a comparison in the example which used for the soft magnetism substrate film 2 the material shown in the above-mentioned formula (1).

[0061] (Examples 16-26) Except carrying out as the presentation of the soft magnetism substrate film 2 is shown in a table 2, magnetic-recording data medium was produced according to the example 1 (see the table 2).

[0062] (Examples 7 and 8 of a comparison) Except carrying out as the presentation of the soft magnetism substrate film 2 is shown in a table 2, magnetic-recording data medium was produced according to the example 1 (see the table 2).

[0063] Record reproducing characteristics were evaluated about magnetic-recording data medium of these examples and the example of a comparison. A test result is shown in a table 2.

[0064]

[A table 2]

	軟磁性下地膜 組成	配向制御 下地膜 組成		配向 制御膜 組成		垂直磁性膜 組成		記録再 生特性 Iラ-レト 10-X
		組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5
実施例16	74.9Fe-11.1Hf-2.7B-11.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.8
実施例17	74.5Fe-12.1Hf-0.2B-13.2N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.9
実施例18	72.7Fe-9.1Hf-9.4B-8.8N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.8
実施例19	74.5Fe-10.2Hf-2C-13.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.4
実施例20	73.8Fe-11.1Hf-2.8P-12.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.6
実施例21	73.9Fe-10.6Hf-3.4O-12.1N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.8
実施例22	75.5Fe-10.3Hf-2.0B-1.1C-11.1N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.9
実施例23	76.6Fe-9.1Zr-2.4B-11.9N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.3
実施例24	74.4Fe-10.1Ta-2.1B-13.4N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.2
実施例25	73.4Fe-11.8Nb-2.5B-12.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.4
実施例26	74.6Fe-11.6Ti-2.2B-11.6N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.0
比較例7	68.9Fe-10.1Hf-12.7B-8.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-4.9
比較例8	68.4Fe-9.5Hf-12.8P-9.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.1

(厚さの単位はnm)

[0065] A table 2 shows that outstanding record reproducing characteristics were shown compared with the example of a comparison in the example which used for the soft magnetism substrate film 2 the material shown in the above-mentioned formula (2).

[0066] (Examples 27-35) Except carrying out as the presentation of the soft magnetism substrate film 2 is shown in a table 3, magnetic-recording data medium was produced according to the example 1 (see the table 3). About magnetic-recording data medium of these examples, the result of having evaluated record reproducing characteristics is shown in a table 3.

[0067]

[A table 3]

	軟磁性下地膜 組成	配向制御 下地膜 組成		配向 制御膜 組成		垂直磁性膜 組成		記録再 生特性 Iラ-レト 10-X
		組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5
実施例27	73.5Fe-10.6Hf-1.7Cr-1.9B-12.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.1
実施例28	73.5Fe-10.6Hf-0.2Cr-2.3B-13.4N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.0
実施例29	73.2Fe-9Hf-4.8Cr-1.5B-11.5N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.9
実施例30	72.8Fe-10.6Hf-2.1Cr-0.2B-14.3N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.9
実施例31	72.1Fe-8.6Hf-1.5Cr-6.8B-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.6
実施例32	73.9Fe-10.4Hf-1.9Al-1.8B-12N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.0
実施例33	73.4Fe-10.9Hf-1.6Al-2.2P-11.9N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.3
実施例34	73.9Fe-11.4Hf-1.2Cr-1.1Al-1.6B-10.8N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.1
実施例35	72.3Fe-10.1Hf-1.7Cr-1.9B-0.9P-13.1N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.2

(厚さの単位はnm)

[0068] A table 3 shows that outstanding record reproducing characteristics were shown in the example which used for the soft magnetism substrate film 2 the material shown in the above-mentioned formula (3). Moreover, it turns out that more excellent record reproducing characteristics were acquired compared with the example (a table 1, table 2) using the material shown in a formula (1) and (2).

[0069] (Examples 36-39) Except carrying out as the saturation magnetic flux density Bs of the soft magnetism substrate film 2 and thickness t are shown in a table 4, magnetic-recording data medium was produced according to the example 1 (see the table 4). About magnetic-recording data medium of these examples, the result of having evaluated record reproducing characteristics is shown in a table 4.

[0070]

[A table 4]

	軟磁性下地膜				配向制御下地膜		配向制御膜		垂直磁性膜		記録再生特性 I2-レート 10-X
	組成	Bs (T)	t (nm)	Bs·t (T·nm)	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	1.5	100	150	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5
実施例36	80Fe-8.6Hf-1.2Cr-10.2N	1.8	85	153	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5
実施例37	71Fe-12.4Hf-4.4Cr-12.2N	1.3	115	150	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1
実施例38	63Fe-17.8Hf-3.1Cr-18.1N	1.0	150	150	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.9
実施例39	60.3Fe-18.7Hf-6.8Cr-14.2N	0.8	188	150	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.5

(厚さの単位はnm)

[0071] From a table 4, by making saturation magnetic flux density Bs more than 1T (T or more [ Especially 1.4 ]) shows that outstanding record reproducing characteristics were able to be acquired.

[0072] (Examples 40-42) Except carrying out as the saturation magnetic flux density Bs and Thickness t of the soft magnetism substrate film 2 are shown in a table 5, magnetic-recording data medium was produced according to the example 1 (see the table 5). About magnetic-recording data medium of these examples, the result of having evaluated record reproducing characteristics is shown in a table 5.

[0073]

[A table 5]

	軟磁性下地膜				配向制御下地膜		配向制御膜		垂直磁性膜		記録再生特性 I2-レート 10-X
	組成	Bs (T)	t (nm)	Bs·t (T·nm)	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	1.5	100	150	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5
実施例40	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	1.5	30	45	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.8
実施例41	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	1.5	60	90	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1
実施例42	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	1.5	70	105	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5

(厚さの単位はnm)

[0074] From a table 5, by making product Bs·t of saturation magnetic flux density Bs and Thickness t into 50 or more (especially 100 or more T-nm) T-nm shows that outstanding record reproducing characteristics were able to be acquired.

[0075] (Examples 43-54) Except carrying out as the material of the orientation control substrate film 7 and the orientation control film 3 and its thickness are shown in a table 6, magnetic-recording data medium was produced according to the example 1 (see the table 6). About magnetic-recording data medium of these examples, the result of having evaluated record reproducing characteristics is shown in a table 6.

[0076]

[A table 6]

	軟磁性下地膜		配向制御下地膜		配向制御膜		垂直磁性膜		記録再生特性 I2-レート 10-X
	組成	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5	
実施例43	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	-	-	Ru	2	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1	
実施例44	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	-	-	Ru	18	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.2	
実施例45	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	-	-	Ru	45	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.9	
実施例46	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	-	-	70Ru30Cu	18	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.6	
実施例47	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	-	-	Hf	18	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.7	
実施例48	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	-	-	80Hf20B	18	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.8	
実施例49	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Re	8	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.7	
実施例50	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	-	-	Ni	3	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1	
実施例51	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ni	3	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1	
実施例52	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	-	-	85Ni10Cr5N	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.3	
実施例53	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	-	-	Cu	15	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.5	
実施例54	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	-	-	80Pd20B	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-5.4	

(厚さの単位はnm)

[0077] A table 6 shows that magnetic-recording data medium excellent in record reproducing characteristics was able to be obtained by the configuration which used hcp structure or a fcc structural material (especially Ru, Hf, Ru alloy, Hf alloy, nickel, nickel alloy) for the orientation control film 3.

[0078] (Examples 55-63) Except carrying out as the material of the perpendicular magnetic film 4 and its thickness are shown in a table 7, magnetic-recording data medium was produced according to the example 1 (see the table 7). The result of having evaluated the heat fluctuation resistance of these magnetic-recording data medium is shown in a table 7. Evaluation of heat fluctuation resistance computed the decreasing rate (%/decade) of the output to Ushiro's playback output based on  $x(So-S)100/(Sox3)$  for after [ writing ] 1 second, after writing in in track-recording-density 50kFCI under 70-degree C conditions. In this formula, So shows the playback output at the time of after [ signal record ] 1-second progress to magnetic-recording data medium, and S shows Ushiro's playback output for 1000 seconds. About magnetic-recording data medium of these examples, the result of having evaluated record reproducing characteristics is combined and is shown in a table 7.

[0079]

[A table 7]

	軟磁性下地膜 組成	配向制御 下地膜 組成		配向 制御膜 組成		垂直磁性膜 組成		記録再 生特性 厚 さ I <sub>10-X</sub> -レ ト 10-X (%/de cade)	熱搖ら ぎ耐性
		組成	厚 さ	組成	厚 さ	組成	厚 さ		
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-8.5	0.65
実施例55	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	3	-4.9	1.03
実施例56	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	8	-6.0	0.88
実施例57	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	45	-5.8	0.55
実施例58	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	60	-5.1	0.52
実施例59	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	62Co19Cr15Pt3Mn	25	-6.1	0.71
実施例60	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	68Co21Cr6Pt5B	25	-6.3	1.08
実施例61	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	61Co17Cr21Pt	25	-5.6	0.49
実施例62	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	Co/Pd (*1)	15	-5.3	0.36
実施例63	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	TbFeCo	25	-5.1	0.64

\*1:Co層とPd層を多数回にわたって積層した多層構造膜

(厚さの単位はnm)

[0080] From a table 7, by setting thickness of the perpendicular magnetic film 4 to 5-50nm (especially 7-30nm) shows that outstanding record reproducing characteristics were acquired. Moreover, when a CoCrPt alloy is used for the perpendicular magnetic film 4, by making Pt content into 8 - 24at% shows that the outstanding heat fluctuation resistance is acquired.

[0081] (Examples 64-67) By putting the surface of the soft magnetism substrate film 2 to oxygen content gas (exposure gas), magnetic-recording data medium was produced according to the example 1 except performing oxidation treatment on the soft magnetism substrate film 2. As exposure gas, pure oxygen (100%O<sub>2</sub>) or oxygen argon mixed gas (50vol% O<sub>2</sub>-50vol%Ar) was used. The thickness of the oxidizing zone formed in the surface of the soft magnetism substrate film 2 of the above-mentioned exposure is shown in a table 8. About magnetic-recording data medium of these examples, the result of having evaluated record reproducing characteristics is shown in a table 8.

[0082] (Example 68) When forming the soft magnetism substrate film 2, according to the example 1, magnetic-recording data medium was produced except using Ar (100%) and subsequently using oxygen argon mixed gas (mixing ratio: 10vol%O<sub>2</sub>-90vol%Ar) as process gas (membrane formation gas), (see the table 8). Of use of oxygen argon mixed gas, the oxidizing zone was formed near the surface of the soft magnetism substrate film 2. The thickness of this oxidizing zone is collectively shown in a table 8. About this magnetic-recording data medium, the result of having evaluated record reproducing characteristics is shown in a table 8.

[0083]

[A table 8]

	組成	軟磁性下地膜			配向制御下地膜		配向制御膜		垂直磁性膜		記録再生特性 イラーレット 10-X
		曝露ガス (アセスガス)	酸化 処理	酸化 層厚 さ	組成	厚 さ	組成	厚 さ	組成	厚 さ	
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	-	-	-	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1
実施例64	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	100%O <sub>2</sub>	曝露	0.5	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.1
実施例65	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	100%O <sub>2</sub>	曝露	2.5	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.9
実施例66	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	100%O <sub>2</sub>	曝露	4	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1
実施例67	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	50%O <sub>2</sub> -50%Ar	曝露	1	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.8
実施例68	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	10%O <sub>2</sub> -90%Ar	*1	1	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.7

\*1:軟磁性下地膜形成時に、プロセスガスとして  
100%Arを用いた後、10%O<sub>2</sub>-90%Arを使用した。

(厚さの単位はnm)

[0084] A table 8 shows that outstanding record reproducing characteristics were acquired by oxidation of the soft magnetism substrate film 2.

[0085] (Examples 69-76) According to the example 1, magnetic-recording data medium was produced except forming the nonmagnetic interlayer 8 between the orientation control film 3 and the perpendicular magnetic film 4 (see the table 9). About magnetic-recording data medium of these examples, the result of having evaluated record reproducing characteristics and heat fluctuation resistance is shown in a table 9.

[0086]

[A table 9]

	軟磁性下地膜 組成	配向制御 下地膜 組成		配向 制御膜 組成		非磁性中間膜 組成		垂直磁性膜 組成		記録再生 特性 イラーレット 10-X	熱搖ら ぎ耐性 (%/da cade)
		組成	厚 さ	組成	厚 さ	組成	厚 さ	組成	厚 さ		
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	-	-	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5	0.65
実施例69	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	60Co40Cr	5	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.8	0.55
実施例70	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	60Co40Cr	2	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.8	0.57
実施例71	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	60Co40Cr	18	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.7	0.52
実施例72	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	60Co40Cr	25	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5	0.52
実施例73	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	55Co35Cr10Mn	5	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.9	0.56
実施例74	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	52Co33Cr10Pt5B	5	65Co17Cr16Pt2B	25	-7.0	0.55
実施例75	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	55Co45Ru	5	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.9	0.58
実施例76	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	60Co30Cr5Ta5B	5	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.9	0.54

(厚さの単位はnm)

[0087] From a table 9, by forming the nonmagnetic interlayer 8 shows that record reproducing characteristics and heat fluctuation resistance were able to be raised. By setting thickness of the nonmagnetic interlayer 8 to 20nm or less (especially 10nm or less) especially shows that outstanding record reproducing characteristics were acquired.

[0088] (Examples 77-81) According to the example 1, magnetic-recording data medium was produced except forming the hard magnetism film 9 and the substrate film 10 within a field between the nonmagnetic substrate 1 and the soft magnetism substrate film 2 (see the table 10). Thickness was set to 15nm at the substrate film 10 within a field using 94Cr6Mo. About magnetic-recording data medium of these examples, the result of having evaluated record reproducing characteristics is shown in a table 10. The existence of a spike noise is also collectively shown in a table 10.

[0089]

[A table 10]

	硬磁性膜		軟磁性下地膜			配向制御下地膜		配向制御膜		垂直磁性膜		記録再生特性 10-X	スパイク ノイズ 有無
	組成	厚さ	組成			組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ		
実施例1	—	—	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5	*1		
実施例77	65Co17Cr16Pt2B	50	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.4	なし		
実施例78	65Co17Cr16Pt2B	20	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.5	なし		
実施例79	65Co17Cr16Pt2B	140	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.1	なし		
実施例80	64Co21Cr10Pt5B	50	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.4	なし		
実施例81	84Co16Sm	50	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	65Co17Cr16Pt2B	25	-6.0	なし		

\*1:わずかにスパイクノイズが観察された。

(厚さの単位はnm)

[0090] From a table 10, by forming the hard magnetism film 9 and the substrate film 10 within a field shows that the spike noise was able to be stopped. Moreover, it turns out that sufficient record reproducing characteristics were able to be acquired.

[0091] (Examples 82-86) Except having formed the magnetization stability film 11 between the perpendicular magnetic film 4 and the protective coat 5, magnetic-recording data medium was produced according to the example 1 (see the table 11). About magnetic-recording data medium of these examples, the result of having evaluated record reproducing characteristics is shown in a table 11.

[0092]

[A table 11]

	軟磁性下地膜		配向制御下地膜		配向制御膜		垂直 磁性膜	磁化安定膜		記録再生特性 10-X	熱揺らぎ耐性 (%/de cade)
	組成	厚さ	組成	厚さ	組成	厚さ		組成	厚さ		
実施例1	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	(*1)	—	—	-6.5	2180	0.65
実施例82	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	(*1)	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	3.6	-6.7	2870	0.45
実施例83	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	(*1)	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	7.0	-6.2	2350	0.53
実施例84	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	(*1)	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	9.6	-5.7	1780	0.74
実施例85	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	(*1)	85Fe-15Zr	3.6	-6.4	2660	0.52
実施例86	75Fe-11.6Hf-2.4Cr-11N	NiAl	8	Ru	10	(*1)	89Co-4Zr-7Nb	3.6	-6.5	2720	0.51

\*1:垂直磁性膜: 65Co17Cr16Pt2B, 厚さ25nm

(厚さの単位はnm)

[0093] From a table 11, by forming the magnetization stability film 11 shows that record reproducing characteristics, a playback output, and heat fluctuation resistance were able to be raised.

[0094]

[Effect of the Invention] Since either is used among what is expressed with the presentation shown below as a material of a soft magnetism substrate film if it is in magnetic-recording data medium of this invention as explained above, record reproducing characteristics can be raised.

aFe-bCo-cM-dX1-fN (... 1) (60 &lt;=a+b&lt;=90, 30 &lt;=a&lt;=90, 5 &lt;=c&lt;=20, 0.1 &lt;=d&lt;=7, 3 &lt;=f&lt;=30)

aFe-bCo-cM-eX2-fN (... 2) (60 &lt;=a+b&lt;=90, 30 &lt;=a&lt;=90, 5 &lt;=c&lt;=20, 0.1 &lt;=e&lt;=10, 3 &lt;=f&lt;=30)

aFe-bCo-cM-dX1-eX2-fN (... 3) (60 &lt;=a+b&lt;=90, 30 &lt;=a&lt;=90, 5 &lt;=c&lt;=20, 0.1 &lt;=d&lt;=7, 0.1 &lt;=e&lt;=7, 3 &lt;=f&lt;=30)

[Translation done.]

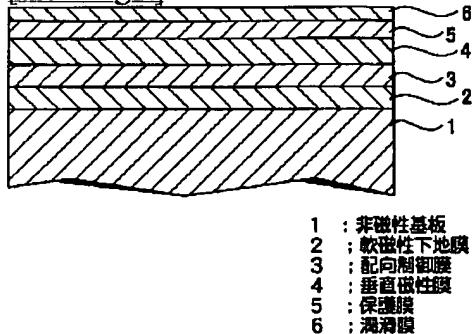
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

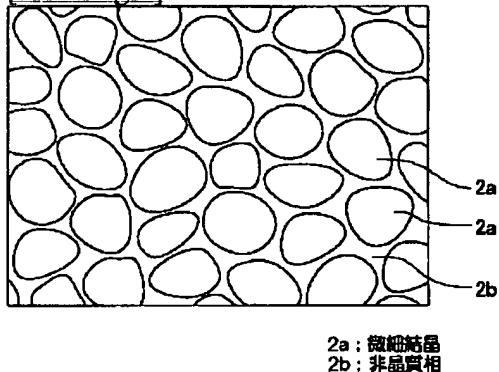
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

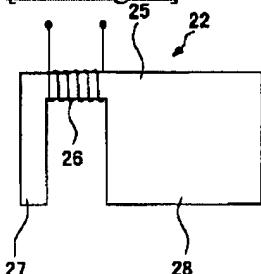
## [Drawing 1]



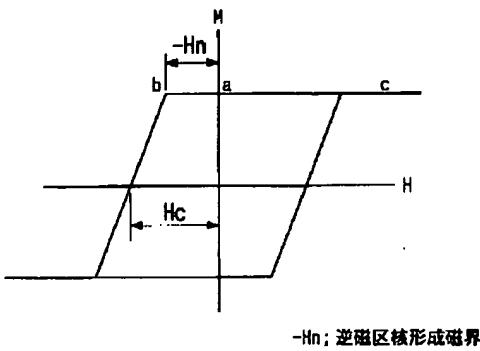
## [Drawing 2]



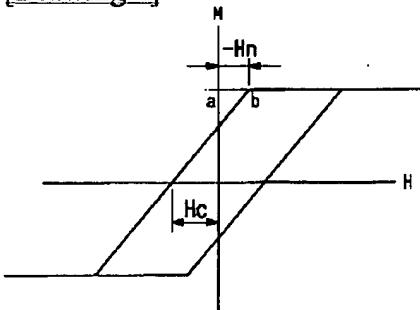
## [Drawing 10]



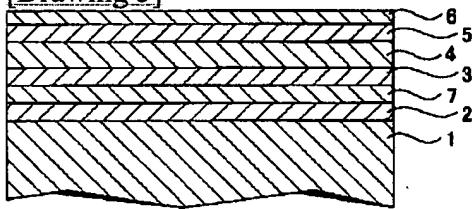
## [Drawing 3]



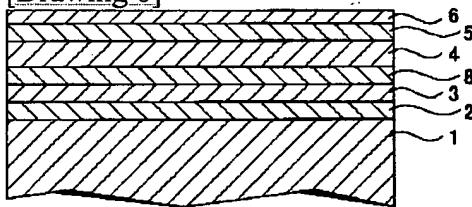
[Drawing 4]



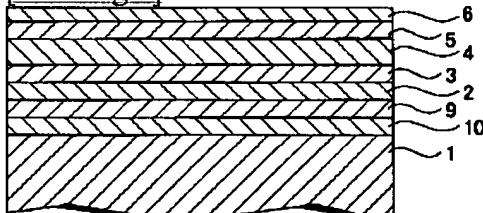
[Drawing 5]



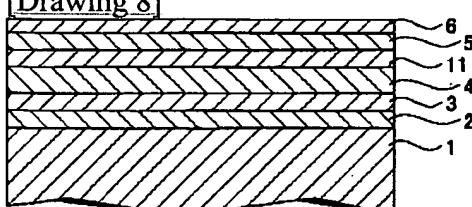
[Drawing 6]



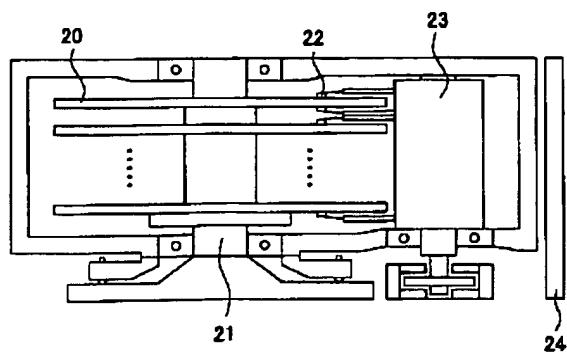
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



---

[Translation done.]